

PROTOCOLO DE ALERTA TEMPRANA Y RESPUESTA INMEDIATA

Acciones para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes coralinos

© Jennifer Adler

CALINA ZEPEDA CENTENO, AURORA CLAUDIA PADILLA SOUZA, JUAN CARLOS HUITRÓN BACA, MARÍA MACÍAS CONSTANTINO, ELIZABETH SHAVER, GABRIELA NAVA MARTÍNEZ Y MIGUEL ÁNGEL GARCÍA SALGADO.













KFW



PROTOCOLO DE ALERTA TEMPRANA Y RESPUESTA INMEDIATA

Acciones para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes coralinos

© Jennifer Adler

CALINA ZEPEDA CENTENO, AURORA CLAUDIA PADILLA SOUZA, JUAN CARLOS HUITRÓN BACA, MARÍA MACÍAS CONSTANTINO, ELIZABETH SHAVER, GABRIELA NAVA MARTÍNEZ Y MIGUEL ÁNGEL GARCÍA SALGADO.













KFW

AUTORES

Calina Zepeda - The Nature Conservancy (TNC)

Aurora Claudia Padilla Souza – Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Puerto Morelos, del Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (CRIAP Puerto Morelos, INAPESCA).

Juan Carlos Huitrón Baca– Consultor Independiente.

María Macías Constantino – The Nature Conservancy (TNC)

Elizabeth Shaver - The Nature Conservancy (TNC)

Gabriela G. Nava Martínez - Oceanus, A.C.

Miguel Ángel García Salgado - Oceanus, A.C.

DISEÑO EDITORIAL

Karla Paola Vazquez Mendoza

TRADUCCIÓN

María Macías Constantino

FOTO DE PORTADA

© Jennifer Adler

FOTO CUBIERTA INTERIOR

© Jennifer Adler

CITA

Zepeda-Centeno C., Padilla C., Huitrón J.C., Macías-Constantino M., Shaver E., Nava-Martínez G. y García-Salgado M.A. 2019. Protocolo de alerta temprana y respuesta inmediata: Acciones para mitigar el impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes coralinos. The Nature Conservancy. 69 p.

ESTE DOCUMENTO ES PARTE DE LA INICIATIVA DE COASTAL RISK AND RESILIENCE PARA MÉXICO, THE NATURE CONSERVANCY.

Líder México: Fernando Secaira

Especialista en Restauración: Calina Zepeda Centeno

Asistente Técnico: María Macías Constantino

Director Global: Mark Way

Esta publicación fue producida con el soporte de Swiss Re Foundation, The Nature Conservancy (TNC), la International Coral Reef Initiative y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.







AGRADECIMIENTOS

Reconocemos a los autores por sus diversos aportes en la preparación del Protocolo. Agradecemos especialmente a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México (CONANP) y al Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Puerto Morelos (CRIAP) del Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura de México (INAPESCA) por apoyar esta iniciativa.

Además, reconocemos a las siguientes personas por su ayuda en la compilación y revisión del Protocolo:

- **Carolina Rosales Juárez**
  Universidad Marista de Mérida
- **María del Carmen García**
  Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México (CONANP)
- **Vanessa Francisco**
  Proyecto Resiliencia PNUD-CONANP

Este documento fue preparado por The Nature Conservancy (TNC). Las opiniones, hallazgos, conclusiones y recomendaciones son las de los autores. Cualquier error es responsabilidad de los autores.

ACRÓNIMOS

CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas – México
CPHC	Centro de Huracanes del Pacífico Central (por sus siglas en inglés)
CRIAP	Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera
DAN	Red de Alerta de Buzos (por sus siglas en inglés).
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (por sus siglas en inglés)
HN	Hemisferio Norte
HS	Hemisferio Sur
IMD	Departamento Meteorológico de la India (por sus siglas en inglés)
INAPESCA	Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura – México
JTWC	Centro Conjunto de Advertencia Conjunto de Tifones (por sus siglas en inglés)
ONG	Organización No Gubernamental
NHC	Centro Nacional de Huracanes (por sus siglas en inglés)
PADI	Asociación Profesional de Instructores de Buceo (por sus siglas en inglés).
PNAPM	Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos
PVC	Policloruro de vinyl
TNC	The Nature Conservancy

CONTENIDO

PREFACIO

Los arrecifes de coral juegan un papel importante al proteger las costas del impacto de ciclones tropicales, ya que protegen de la energía de las olas, evitando de forma natural la erosión costera y las inundaciones. Sin embargo, los huracanes pueden causar daño considerable al arrecife, en términos de pérdida de cobertura de coral y complejidad estructural. Algunos de los efectos del impacto de los ciclones en el arrecife son el desprendimiento y desplazamiento de colonias de coral masivas, fragmentación o ruptura de las puntas de los corales ramificados y, en ocasiones, fracturas estructurales del macizo arrecifal. Sin intervención alguna, los corales afectados pueden ser derribados, sacudidos constantemente por las corrientes o enterrados por el sedimento, causando una severa pérdida de tejido vivo y abrasión, lo cual reduce las posibilidades de que estos se fijen de nuevo en el arrecife y se recuperen. Atender estos impactos de forma rápida y efectiva es crucial para reducir el riesgo de daños posteriores en los corales que fueron impactados, y para aumentar la probabilidad de que los arrecifes sigan brindando a futuro los valiosos servicios de protección a las comunidades humanas que viven en las costas. Para poder responder de esta manera, el *Protocolo de Alerta Temprana y Respuesta Inmediata* presenta un enfoque paso a paso, que orienta a los manejadores de arrecifes y a las brigadas de respuesta en las acciones que se deben considerar antes, durante y después de un *ciclón tropical* a fin de minimizar el impacto en los arrecifes coralinos. El Protocolo es un instrumento de adopción voluntaria. Sinceramente esperamos que este instrumento proporcione una base útil para complementar el valioso esfuerzo realizado por los manejadores de arrecifes, los operadores turísticos y las comunidades locales, en promover la conservación y el uso sostenible del arrecife a nivel mundial.


© Paul Selvaggio

CÓMO USAR EL PROTOCOLO

CONTENIDO DEL PROTOCOLO

El Protocolo se divide en cuatro secciones:

01 INTRODUCCIÓN

Presenta una breve descripción del impacto de los ciclones tropicales en los arrecifes y analiza el rol de los arrecifes de coral en la protección costera.

02 ETAPAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO.

ETAPA 1: PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN

Describe las acciones que se realizan fuera de la *temporada de ciclones tropicales*, a fin de preparar y planear todo lo necesario para la implementación del Protocolo.

ETAPA 2: ALERTA TEMPRANA

Describe las acciones que se realizan durante la fase de acercamiento y alejamiento de un *ciclón tropical* presente en el área.

ETAPA 3: EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO

Describe las técnicas utilizadas para llevar a cabo la evaluación rápida del daño, que sirven para determinar las categorías de daño sufridas por el arrecife y la cantidad de escombro de desastre generado por el ciclón. También propone métodos de priorización e identificación de sitios que requieren respuesta inmediata.

ETAPA 4: RESPUESTA PRIMARIA

Describe las acciones de Respuesta Primaria que se realizan inmediatamente después de que el ciclón se ha retirado del área. Esta etapa incluye labores de limpieza y primeros auxilios del arrecife. Esta es la parte principal del Protocolo.

ETAPA 5: RESPUESTA SECUNDARIA

Describe las acciones de Respuesta Secundaria que se realizan después de que se completan los esfuerzos de la Respuesta Primaria. Incluye estabilización de fracturas estructurales, manejo de viveros de coral, y mantenimiento y monitoreo de los sitios asistidos durante la Respuesta Primaria.

ETAPA 6: ACCIONES POST-RESPUESTA

Describe las acciones que se realizan una vez que las etapas de Respuesta se hayan completado. Incluye el desarrollo de un plan de restauración y una evaluación de la efectividad en la implementación del Protocolo.

03 GLOSARIO Y REFERENCIAS

Incluye una lista de términos mencionados en el documento y las referencias bibliográficas.

04 ANEXOS

Los anexos incluyen recursos adicionales a los que se hace referencia en el documento, como ser: una plantilla de presupuesto, aplicaciones móviles y software recomendados para rastrear ciclones tropicales, y una lista de materiales y equipo sugeridos para la implementación del Protocolo. Estos recursos se han organizado de acuerdo al tema y se vinculan a cada etapa del proceso.



SECCIÓN 1

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes de coral son rompeolas naturales que actúan como una primera línea de defensa para las comunidades costeras, protegiendo a la costa de la energía de las olas, previniendo erosión costera e inundaciones. Algunos autores han encontrado que el coral *Acropora palmata* es una especie clave en la construcción de la *cresta arrecifal* y el arrecife somero (Lighty et al. 1982; Boss y Liddell 1987; Macintyre 1988), y por lo tanto contribuye a mantener los servicios de protección costera (Aronson y Precht 1997; Alcolado et al. 2009). Otros estudios indican que la alta complejidad y rugosidad en la *cresta arrecifal* pueden tener efectos en la disipación de la energía del oleaje que cruza el arrecife hacia la costa (Harmelin-Vivien 1994; Alcolado et al. 2009; Busutil et al. 2011; Gardner et al. 2005). Por lo tanto, una comunidad coralina saludable y estructuralmente compleja puede proporcionar las características necesarias para aumentar y mantener la protección costera.

Los ciclones tropicales pueden causar una gran variedad de daños al arrecife, que van desde daño leve a parcial, hasta un daño total. Los vientos extremos durante los ciclones tropicales generan mares agitados que pueden devastar las comunidades coralinas de los arrecifes (Scoffin 1993; Harmelin-Vivien 1994). Su efecto sobre los arrecifes de coral depende de la frecuencia, intensidad y duración de los ciclones, así como de características biológicas y morfológicas de las especies de coral dominantes. Otros factores incluyen la profundidad, la pendiente arrecifal, la anchura de la plataforma, el nivel de exposición, el tamaño, forma y fuerza estructural del arrecife, y el grado de fijación de los organismos, así como la historia ecológica del lugar y la influencia de cualquier factor antropogénico (Alcolado et al. 2009; Rioja-Nieto et al. 2012).

El daño mecánico que los huracanes causan a los corales incluye pérdida de tejido y abrasión, lo cual debilita a los corales, retrasando su recuperación y haciendo que sean más vulnerables al blanqueamiento (Wilkinson y Souter 2008). Asimismo, los fuertes vientos de un *ciclón tropical* causan olas y marejada de tormenta tan poderosas que pueden llegar a romper los bordes y puntas de los corales, desprender colonias enteras y producir columnas de sedimento que soterraran los corales. En algunos casos, los ciclones pueden causar daños estructurales, removiendo parcial o totalmente secciones del macizo arrecifal (Harmelin-Vivien 1994; Done 1992; Fabricius et al. 2008). Además, las fuertes lluvias reducen los niveles de salinidad del agua, causando efectos a corto plazo en los corales.

Las especies de coral duro más afectados por los huracanes y tormentas tropicales en el Atlántico son *Acropora palmata* y *Acropora cervicornis*, tanto por su distribución somera en la laguna y *cresta arrecifal*, como por su morfología ramificada. Estas especies son frágiles y se quiebran fácilmente, y son propensas a fragmentarse durante períodos de incremento de la acción de las olas (Bak y Criens 1982; Highsmith 1982).

Durante un huracán severo estos se pueden reducir a muchos *fragmentos* que después se fijan al sustrato, resultando en la generación de nuevas colonias (Rogers et al. 1994; Jordán-Dahlgren y Rodríguez-Martínez 1998). A esto se le llama propagación asexual por fragmentación natural, y se considera importante para la dispersión local, mantenimiento y crecimiento de las poblaciones de *Acropora*, ya que permite a la especie, ampliar su distribución en el área (Bothwell 1981; Lirman 2003).

El aumento de la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales cada vez parece estar más asociado al cambio climático, particularmente en la fuerza de sus vientos (Salomon 2007) lo cual, aunado al desarrollo costero y otros impactos, es un factor adicional que afecta fuertemente a los arrecifes en el Gran Caribe (Gardner et al. 2005). Cuando la frecuencia de los huracanes es cada dos años o menos, las crestas arrecifales se degradan constantemente, al no existir suficiente tiempo para una recuperación posterior (Alcolado et al. 2009). Esto amenaza los servicios de protección costera debido a la pérdida de cobertura coralina y complejidad estructural del arrecife (Fabricius 2008; Alvarez-Filip et al. 2011), lo que a su vez reduce la eficacia de disipación de las olas en la *cresta arrecifal*.

Sin embargo, si el paso de un huracán se da cada cinco años, puede ser beneficioso para los arrecifes de coral, ya que la perturbación intermedia permite la recuperación de los arrecifes y también impide que el espacio sea monopolizado por especies de coral competitivas (Rogers 1993). Además, ayuda a aliviar el estrés térmico en los arrecifes debido al potencial de enfriamiento asociado a los huracanes (Manzello et al. 2007).


© María Macías



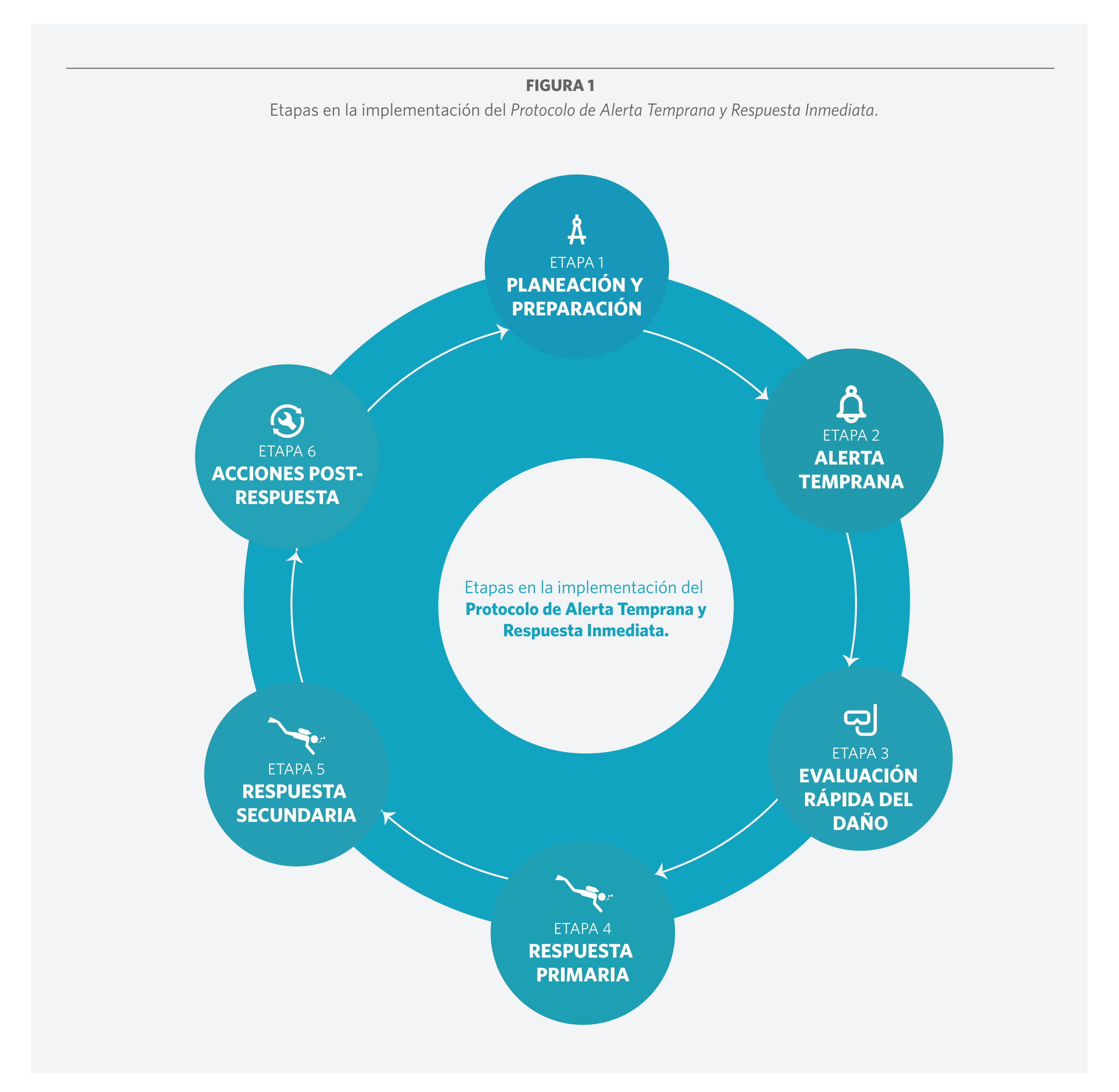
SECCIÓN 2

ETAPAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO

Esta sección guía a los manejadores de arrecifes, *brigadistas* y socios clave a través de las 6 etapas de implementación del *Protocolo de Alerta Temprana y Respuesta Inmediata*. La Figura 1 muestra las etapas que se deben implementar a lo largo del año, antes, durante y después de la *temporada de ciclones tropicales*. Cada etapa se describe en las siguientes páginas.

FIGURA 1

Etapas en la implementación del *Protocolo de Alerta Temprana y Respuesta Inmediata*.





ETAPA 1

PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN

PLANEACIÓN Y PREPARACIÓN

Una de las etapas más importantes del Protocolo es la Etapa de Planeación y Preparación. Esta etapa no se lleva a cabo en campo, y se lleva a cabo fuera de la *temporada de ciclones tropicales* (vea más información sobre las temporadas de ciclones tropicales en Tabla 2, Etapa 2: Alerta Temprana). A continuación, se presentan las acciones que van a ser implementadas durante la Etapa de Planeación y Preparación:

- Definir la estructura organizativa y operativa para la implementación del Protocolo.
- Preparar un Plan de Respuesta.
- Recopilar información clave.
- Gestionar fondos e insumos.
- Establecer aliados, acuerdos y convenios interinstitucionales.
- Preparar los materiales, herramientas y equipo para las acciones de respuesta.
- Entrenar *brigadistas* y formar brigadas.
- Asegurar pólizas de seguro para los *brigadistas*.
- Establecer una Red de Comunicación.
- Identificar amenazas y reducir riesgos.

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y OPERATIVA

Para implementar el Protocolo se sugiere definir una estructura organizativa y operativa. El aspecto organizativo asigna roles y responsabilidades, y determina el flujo de información entre los diferentes niveles de coordinación, mientras que el aspecto operativo es requerido para mantener un flujo de trabajo estable, y una estructura sólida que puede mejorar la eficiencia y claridad para los miembros de todos los niveles. Sin embargo, la estructura debe ser flexible, considerar la diversidad de actores involucrados y se debe ajustar a los recursos disponibles. Para la organización y funcionamiento del Protocolo se sugiere incorporar la siguiente estructura:

- Un *Comité*
- Brigadas de respuesta
- *Equipo de operaciones*
- Red de Aliados

COMITÉ

El Comité planea, dirige y coordina todas las actividades del Protocolo, realizando las siguientes funciones:

- Preparar y coordinar la implementación del Plan de Respuesta.
- Entrenar *brigadistas* y formar brigadas.
- Gestionar fondos para la implementación de las actividades.
- Coordinar con las instituciones respectivas durante las distintas etapas del Protocolo.
- Evaluar la implementación del Protocolo de manera anual.

El *Comité* es integrado por:

- Un coordinador, a cargo de coordinar la ejecución del Protocolo.
- Un secretario, responsable del registro de minutas y acuerdos.
- Un *Líder de Brigadas*.
- Un *Jefe de Operaciones*.

BRIGADAS DE RESPUESTA

Un *brigadista* es un buzo o *esnorquelísta* con entrenamiento especializado para evaluar el impacto y proveer primeros auxilios del arrecife después del paso de un *ciclón tropical*. Los *brigadistas* trabajan en equipos llamados brigadas.

Las *brigadas* son responsables de las siguientes acciones:

- Realizar una evaluación rápida de daño al arrecife inmediatamente después que pase el ciclón.
- Implementar las acciones de Respuesta Primaria:
  - Acciones de limpieza para remover los *escombros de desastre* acarreados por el ciclón al arrecife.
  - Acciones de Primeros Auxilios del arrecife:
    - Recolocar y fijar corales masivos y *fragmentos* desprendidos, desplazados, rotos o volcados.


© Gisela Maldonado

    - Desenterrar colonias que estén bajo *cascajo de coral muerto* o sedimentos.
    - Estabilizar *fragmentos* de coral muerto y sedimento, que estén sueltos y causando daños en el arrecife.
- Implementar las acciones de Respuesta Secundaria:
    - Estabilizar fracturas estructurales.
    - Colocar los *fragmentos* de coral rescatados en viveros.
    - Brindar asistencia a los manejadores de arrecifes en el mantenimiento y monitoreo de viveros y sitios asistidos.

El *Líder de Brigadas* es responsable de formar, coordinar y realizar un seguimiento de cada *brigada*, mantener la comunicación con el *Jefe de Operaciones*, y mantener al *Comité* informado sobre el progreso de las acciones de respuesta.

EQUIPO DE OPERACIONES

El *Equipo de Operaciones* coordina las acciones logísticas y comunicación para la implementación del Protocolo, y es responsable de:

- Facilitar la comunicación interna y externa entre el *Comité* y las brigadas, así como con otros socios.
- Abastecer de materiales, combustible, alimentos, bebidas y otros insumos requeridos por los *brigadistas* durante la respuesta.
- Establecer acuerdos con compañías o instituciones clave para obtener suministros, tanques de buceo, transporte y un lugar para operar.
- Llevar el control de las acciones y ubicación de cada *brigada* durante las acciones de respuesta.
- Movilizar las cajas de herramientas, equipo de buceo, embarcaciones, vehículos y otras cosas necesarias para la operación.
- Recolectar los *escombros de desastre* colectados por las brigadas y transportarlos al sitio de disposición final (por ejemplo, basurero municipal).
- Preparar y mantener en buenas condiciones y completas, las cajas de herramientas, botiquín de primeros auxilios y otro equipo a usar durante las acciones de respuesta.

El *Equipo de Operaciones* va a estar formado por:

- El *Jefe de Operaciones*.
- Dos equipos de logística compuestos de 2 - 4 personas cada uno.

El *Equipo de Operaciones* va a operar desde el Centro de Operaciones, el cual debe tener un espacio para guardar las cajas de herramientas y cualquier otro recurso necesario para implementar el Protocolo. Es recomendable contar con otros sitios alternos para el resguardo de estos, que sean seguros y de fácil acceso.

RED DE ALIADOS

Una red de aliados es fundamental para obtener los recursos y el personal necesario para una respuesta exitosa y oportuna. Entre estos aliados se pueden incluir agencias de gobierno, sector privado (operadores de turismo, centros de buceo y otras empresas relacionadas a

actividades marinas), organizaciones no gubernamentales (ONG), manejadores del arrecife, asociados náuticos, universidades, cooperativas de pescadores, y otros que busquen contribuir a los esfuerzos de respuesta.

Los aliados deben estar familiarizados con el Plan de Respuesta y el Protocolo, para que identifiquen líneas de acción y etapas en las que pueden colaborar.

ELABORAR UN PLAN DE RESPUESTA

Responder a los impactos de manera oportuna y efectiva es fundamental para aumentar la probabilidad de que en el futuro los arrecifes de coral sigan brindando servicios valiosos para las comunidades locales. Para esto, es necesario desarrollar un Plan de Respuesta cada año, previo a cualquier evento climático. El *Comité* va a ser el encargado de preparar el Plan de Respuesta.

Un Plan de Respuesta es un curso de acción sobre el que se debe actuar en caso de un evento que dañe el arrecife, a fin de mitigar rápidamente los impactos y reducir cualquier daño subsecuente. Consiste en una lista de tareas relevantes y contactos que se deben completar de manera ordenada. Este es un marco general para el Plan de Respuesta:

1. UNA ESTRUCTURA OPERATIVA CLARAMENTE DEFINIDA

La estructura operativa incluye a todas las entidades y organizaciones que han acordado participar en las actividades de respuesta, incluida una organización líder (o persona clave) y equipos con responsabilidades específicas, información logística, materiales, herramientas y equipo necesario, y un presupuesto (ver plantilla en blanco para el presupuesto en el Anexo 1).

2. PLAN ESTRATÉGICO DE LOGÍSTICA

Preparar una estrategia de logística que garantice el suministro y disponibilidad de materiales y recursos durante las actividades de campo, así como una estrategia de comunicación bien definida.

3. PLAN DE SEGURIDAD DE BUCEO

Es crucial que todas las actividades de buceo se implementen bajo los estándares de seguridad de buceo. Contar con un plan de seguridad de buceo puede garantizar que el buceo se realice de manera segura. Este incluye: perfiles de buceo y detalle de los sitios, especificaciones del equipo de buceo, un plan de navegación, e información sobre contactos de emergencia. Siempre se recomienda tener el kit de oxígeno DAN en la embarcación y que los *brigadistas* buzos cuenten con un seguro de buceo.

4. PLAN DE EVALUACIÓN RÁPIDA DE DAÑO

Una evaluación rápida realizada inmediatamente después de un evento determina la extensión, severidad y la ubicación del daño en el arrecife, lo que ayuda a priorizar los esfuerzos y sitios de respuesta.

Se debe recopilar la información necesaria sobre el área para conocer es estado de conservación de esta y sus zonas prioritarias, la batimetría, y las rutas permitidas para la navegación, a fin de que toda esta información sea útil durante la evaluación. Asimismo, se deben definir los códigos que se van a usar al momento de la evaluación mediante arraste.

5. ACCIONES DE RESPUESTA PRIMARIA

La Respuesta Primaria incluye eliminar la fuente del impacto y cualquier peligro remanente, y llevar a cabo actividades de reparación en el arrecife. Se debe definir el curso de acción que se va a implementar durante esta etapa.

6. ACCIONES DE RESPUESTA SECUNDARIA

La Respuesta Secundaria incluye la estabilización de fracturas estructurales de colonias dañadas, traslado de colonias de coral rescatadas al *vivero*, esfuerzos adicionales de trasplante y cualquier otra actividad para restaurar la estructura física del arrecife. Se debe definir el curso de acción que se va a implementar durante esta etapa.

El Plan de Respuesta se debe evaluar y actualizar anualmente, en base a la retroalimentación de los *brigadistas* y demás actores involucrados. Esto se debe hacer una vez que termine la *temporada de ciclones tropicales* (consulte la Tabla 2 en Etapa 2 para la

temporada de ciclones tropicales en todo el mundo). Con los resultados de la evaluación, se deben hacer los ajustes y actualizaciones necesarias para mejorar la implementación del Plan de Respuesta el siguiente año.

RECOPILAR INFORMACIÓN CLAVE

Es necesario dar seguimiento a los boletines oficiales que emite la agencia regional que es responsable de monitorear los fenómenos meteorológicos, así como de cualquier aviso emitido por las instituciones meteorológicas nacionales, ya que estas brindan información actualizada sobre los efectos locales de los ciclones tropicales que amenazan el área. Los boletines oficiales emitidos por estas entidades generalmente contienen la ubicación actual y el *pronóstico* de la trayectoria y la intensidad del fenómeno meteorológico. En el Anexo 2 se puede encontrar una lista de aplicaciones móviles para el rastreo de ciclones tropicales mediante teléfonos inteligentes (smartphone).

GESTIONAR FONDOS E INSUMOS

Previo a realizar las acciones de respuesta, es necesario gestionar con anticipación, los fondos e insumos necesarios para la implementación de las actividades. Se requieren fondos para las necesidades operativas, para adquirir los materiales e insumos (materiales, herramientas, combustibles, alimentos para los *brigadistas*, etc.), para rentar todo lo necesario para la operación (vehículos, embarcaciones, tanques y equipo de buceo), y para entrenar los *brigadistas*, a fin de tener un abastecimiento ininterrumpido de recursos. Para esto, es necesario estimar el presupuesto requerido (ver plantilla en blanco para el presupuesto en el Anexo 1).

El siguiente paso es identificar y seleccionar mecanismos financieros mediante los cuales se puedan captar fondos y recursos. Un mecanismo financiero es una herramienta diseñada para captar, generar o movilizar fondos que sirvan para cubrir los costos relacionados a la implementación de un programa o proceso, en este caso, el Protocolo. La identificación y selección de mecanismos financieros se debe enfocar no sólo en opciones convencionales, como aportes gubernamentales y donaciones por parte de la cooperación internacional, sino que debe incluir alternativas innovadoras. A continuación, se presentan algunas opciones de mecanismos financieros, tanto innovadores, como tradicionales:

- Seguro paramétrico para la protección de los arrecifes ante el impacto de un *ciclón tropical*.
- Fondos por parte de la industria turística y otros miembros de la empresa privada.
- Fondos de emergencias nacionales y/o internacionales.
- Fondos de compensación ambiental.
- Pagos por servicios ambientales.
- Impuestos y otros mecanismos de fijación de precios.

Para cada uno de estos mecanismos, es necesario que el *Comité* elabore las propuestas correspondientes y/o gestione los acuerdos necesarios. Esto va a depender de la fuente a la que se va a solicitar recursos. En cualquier caso, se debe contar con los formatos actualizados para la solicitud de fondos y la información pertinente.

ESTABLECER ALIADOS, ACUERDOS Y CONVENIOS INTERINSTITUCIONALES

El *Comité* debe establecer acuerdos y/o convenios con los distintos aliados que puedan apoyar la implementación del Protocolo. Los aliados pueden ser instituciones de gobierno, empresa privada y ONG, según las distintas necesidades. Estos acuerdos se deben formalizar previo a la temporada de ciclones tropicales. Entre los acuerdos que se deben establecer, se mencionan los siguientes:

- Acuerdo para gestionar el espacio para el Centro de Operaciones, y para el resguardo del equipo. La sede de la agencia de emergencias local puede ser una buena opción para establecer el Centro de Operaciones.
- Convenio con empresas o proveedores dispuestos a colaborar con el suministro de insumos (por ejemplo, alimentos, agua, hielo, combustible, cemento, etc.) requeridos por las brigadas para el desarrollo de las acciones de respuesta.
- Convenios con agencias gubernamentales, ONG u operadoras de turismo, para el préstamo de embarcaciones y vehículos que van a ser usados durante las acciones de respuesta.
- Convenios con centros de buceo y otros operadores

turísticos para el préstamo de equipo de buceo, tanques, etc.
- Acuerdos con las autoridades municipales para la asignación de sitios para disposición de *escombros de desastre* y basura colectada por las brigadas.

PREPARAR LOS MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA LAS ACCIONES DE RESPUESTA

Las brigadas requieren materiales, herramientas y equipo para llevar a cabo las acciones de respuesta. Estos deben ser organizados y almacenado en cajas herméticas de uso rudo, a fin de proteger el contenido. El contenido específico de la caja se detalla en el Anexo 3.

Las cajas de almacenamiento deben ser resistentes, durables, portátiles (preferiblemente con ruedas para mejor movilidad) y tener sello de protección contra agua (Figura 2a). Las cajas tipo Pelican son una excelente opción (Figura 2b). La cantidad de cajas requeridas va a depender de la cantidad de brigadas en operación, ya que cada una necesita su propia caja. El contenido dentro de las cajas debe estar debidamente inventariado, organizado, etiquetado, y debe estar completo, en buenas condiciones y accesible en todo momento (Gulko et al. 2008). Del mismo modo, cada caja debe estar debidamente numerada y etiquetada para cada *brigada*.

El *Líder de Brigadas* es responsable de preparar, mantener y salvaguardar las cajas de herramientas durante la Respuesta Primaria. Fuera de la *temporada de ciclones tropicales*, las cajas deben estar bajo la custodia de una organización o institución responsable, quien debe almacenarlas en un sitio estratégico y mantener un inventario del contenido. Si el inventario revela algún material o herramienta faltante, este debe ser reemplazado para asegurar que el contenido este completo.

FIGURA 2
Cajas para el almacenamiento de materiales y equipo. **a.** Caja hermética con agarradera y ruedas; **b.** Caja hermética de uso rudo tipo Pelican con ruedas y asa extensible para fácil transportación.



a Caja hermética con agarradera y ruedas



b Caja hermética de uso rudo tipo Pelican con ruedas y asa extensible para fácil transportación

CONSIDERACIONES IMPORTANTES:

- No se recomienda el uso de bolsas de buceo para el almacenamiento de los materiales, herramientas y equipo, ya que no son rígidas y exponen el contenido a daños. Además, estas no permiten mantener en orden el contenido, lo cual dificulta la búsqueda al momento de la respuesta.
- Las cajas deben ser portátiles, con cierre hermético, y de preferencia deben incluir ruedas para una fácil movilidad (Gulko et al., 2007).
- Se pueden usar cinchos plásticos o candado para sellar las cajas y asegurar su contenido.
- Es necesario mantener separado el equipo electrónico de las herramientas u otros materiales. Siempre puede ir dentro de la caja, pero en una caja más pequeña para evitar que se moje, o que se quiebre por el peso de las demás herramientas.
- El contenido de la caja debe ir debidamente etiquetado.
- Después de usar las cajas, estas deben ser reabastecidas para que estén completas en el próximo evento. En caso de que alguna herramienta o equipo este dañado se debe sustituir por uno en buen estado.

ENTRENAR BRIGADISTAS Y FORMAR BRIGADAS

Los *brigadistas* deben estar debidamente entrenados y contar con las habilidades necesarias para implementar las acciones de respuesta en campo. El entrenamiento se debe hacer mediante una capacitación teórico - práctica que debe incluir los siguientes temas:

- Conceptos básicos sobre biología de corales y los servicios de protección que los arrecifes brindan a las costas.
- Métodos para realizar una evaluación rápida del daño.
- Uso de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).
- Nudos básicos para amarres en el mar.
- Uso de bolsas de izaje para remover *escombros de desastre* y desplazar objetos pesados bajo el agua.
- Uso de taladro neumático bajo el agua para la estabilizar colonias de coral grandes.
- Acciones de Respuesta Primaria:
  - Recolocar y estabilizar corales masivos y *fragmentos*, desprendidos, desplazados, rotos o volcados, mediante el uso de cemento, plastilina epóxica, hilo alquitranado y / o cinchos plásticos.
  - Desenterrar corales que estén bajo la arena o sedimentos.
  - Estabilizar *fragmentos* de coral muerto y sedimento suelto, que estén causando daños en el arrecife.
- Acciones de Respuesta Secundaria:
  - Estabilizar fracturas estructurales de colonias de coral.
  - Colocar los *fragmentos* de coral rescatados en viveros.
  - Mantenimiento y monitoreo de viveros de coral y sitios asistidos durante las acciones de respuesta.

Las lecciones prácticas, en su mayoría se van a realizar mediante buceo autónomo. Se recomienda incluir un curso de primeros auxilios, un curso de rescate acuático y de proveedor de oxígeno (impartido por un Instructor DAN o PADI), a fin de preparar los *brigadistas* en caso de accidentes en campo.

Una vez que los *brigadistas* han sido debidamente

entrenados, se pueden agrupar en brigadas. Cada *brigada* va a estar formada por:

- Cuatro a seis buzos certificados.
- Dos a cuatro esnorquelístas.
- Dos ayudantes o marineros.

Los buzos van a realizar las labores sub-acuáticas, tanto de limpieza como reparación del arrecife. Los esnorquelístas van a permanecer en la superficie, listos para llevar materiales (por ejemplo, cemento, hilo, plastilina epóxica, etc.) y herramientas a los buzos, y para recibir las bolsas o sacos con *escombros de desastre* que se colecten del fondo, y los *fragmentos* de coral que se van a rescatar para el *vivero*. Los ayudantes pueden ser esnorquelístas o marineros que van a permanecer en la embarcación, preparando cemento y plastilina epóxica, y subiendo los sacos que se generen de la limpieza.

Es esencial tener la mayor cantidad de *brigadistas* entrenados en caso de una tormenta categoría 5. La cantidad de brigadas en acción va a depender de:

- La magnitud del evento.
- El tamaño del área.
- La cantidad de *brigadistas* disponibles para trabajar.
- La cantidad de embarcaciones disponibles.

De preferencia, los *brigadistas* deben ser miembros de comunidades cercanas al área donde se implementa el Protocolo. Los operadores de turismo, instructores de buceo y divemasters, pescadores, hoteleros, miembros de ONG, investigadores y personal de agencias gubernamentales, son buenos candidatos para formar parte de las brigadas.



© Jennifer Adler

Previo al entrenamiento, es necesario llevar a cabo un proceso de selección de los candidatos a *brigadistas*. Los interesados deben llenar un Formulario de Solicitud para *Brigadistas* (ver Anexo 4), el cual debe ser revisado por el *Comité*, para que este pueda verificar si los aplicantes cuentan con los requisitos necesarios para formar parte de las brigadas.

SIMULACROS

Una vez que se complete el entrenamiento y se formen las brigadas, se deben llevar a cabo simulacros para poner en práctica las habilidades de los *brigadistas* en escenarios hipotéticos. Este ejercicio es útil para identificar si hay vacíos en los conocimientos y habilidades que requieren ser llenados. También sirve para fortalecer la coordinación y el trabajo en equipo entre los miembros de las brigadas, y las habilidades de liderazgo de los *brigadistas*, y para que se familiaricen con toda la operación de respuesta. Se recomienda que en los simulacros participen todos los miembros de las brigadas y los demás involucrados en la operación del Protocolo.

GESTIONAR PÓLIZAS DE SEGURO PARA LOS BRIGADISTAS

Durante las actividades en campo, pueden ocurrir accidentes a los *brigadistas* o cualquier otro miembro del equipo. Por esto, es recomendable que los *brigadistas* cuenten con una póliza de seguro temporal que cubra accidentes. En el caso de los buzos, se recomienda un seguro de buceo (por ejemplo, seguro de buceo DAN o similar).

ESTABLECER LA RED DE COMUNICACIÓN

Durante la etapa de Planeación y Preparación el *Jefe de Operaciones* debe establecer una Red de Comunicación con el objetivo de mantener la comunicación interna con todas las partes involucradas. Para esto, debe contar con una lista de contactos con la información de todos los miembros de las brigadas, miembros del *Comité* y de la Red de Aliados. Esta información debe permanecer confidencial entre los miembros del *Comité* y *Equipo de Operaciones*. Esta información debe ser revisada y actualizada cada año, previo a que inicie la *temporada de ciclones tropicales*.

- Nombre y apellido
- Institución / organización / empresa a la que representa
- Número de teléfono (Indicar si es teléfono celular y/o fijo, y si tiene acceso a WhatsApp)
- Correo electrónico
- Numero de canal de radio banda ancha (en caso de tener)
- Otro medio de comunicación al que tiene acceso (opcional)
- Persona de contactos de emergencia (nombre, número telefónico y correo electrónico).

La mayor parte de la comunicación se va a realizar mediante telefonía móvil o cualquier servicio de mensajería usado comúnmente (por ejemplo, WhatsApp, Instagram, Messenger, etc.), siempre y cuando haya disponibilidad de Wi-Fi o señal disponible. Durante algún fallo de energía eléctrica o de señal de telefonía móvil, el *Jefe de Operaciones* debe identificar canales o medios de comunicación alternos (por ejemplo, radio de banda ancha marina).

Por otro lado, es necesario contar con un Plan de Emergencia que contenga información sobre códigos (por ejemplo, código para informar a los buzos que salgan del agua de inmediato) y contactos de emergencia (por ejemplo, cámara hiperbárica, hospitales, ambulancia, cruz roja, etc.). Esta información debe estar disponible y resumida en diagrama impreso, laminado, que debe estar visible en el Centro de Operaciones, embarcaciones y en puntos de reunión.

IDENTIFICAR AMENAZAS Y REDUCIR RIESGOS

Los fuertes vientos de un *ciclón tropical* pueden impactar la infraestructura de la costa, especialmente la que se encuentra en mal estado o a punto de desprenderse (por ejemplo, muelles con madera podrida y columnas de concreto fracturadas). Por lo general, esto genera escombros que terminan en el arrecife. Los troncos y ramas sueltas que estén cerca de la costa también pueden ser arrastrados hacia el mar. Otra amenaza son las fuentes de contaminantes como drenajes y basureros cercanos al mar.

Para reducir los riesgos, el *Comité* debe identificar y mapear ese tipo de amenazas potenciales, y notificar a la agencia gubernamental correspondiente, a fin de que esta lleve a cabo las gestiones necesarias para que la amenaza se pueda mitigar antes de la *temporada de ciclones tropicales*.

Estas son algunas de las posibles acciones de reducción de riesgo:

- Reparar y/o remover la infraestructura en mal estado, desprendida y/u obsoleta (por ejemplo, muelles, techos, palapas, etc.).
- Promover que los ciudadanos aseguren objetos que pueden salir como proyectiles durante un ciclón (por ejemplo, antenas de televisión, rótulos, objetos colgantes, etc.).
- Limpiar azoteas, desagües, coladeras, lotes baldíos y basureros cercanos al mar.
- Podar árboles y arbustos cercanos al mar, que son frágiles y que se pueden desprender fácilmente con el viento.
- Atender fuentes de contaminantes que pueden desbordar y drenar al mar causando contaminación en el arrecife.


© NOAA



ETAPA 2

ALERTA TEMPRANA

ALERTA TEMPRANA

La etapa de Alerta Temprana describe las acciones que se deben llevar a cabo ante la presencia de un *ciclón tropical* en el área, tanto en su fase de acercamiento como en la de alejamiento. Los miembros del *Comité* y *brigadistas* deben ser informados sobre un potencial *ciclón tropical* para que se preparen con suficiente anticipación para una respuesta oportuna y efectiva.

El tipo de acciones que se van a llevar a cabo en la etapa de Alerta Temprana van a depender del nivel de alerta, y este a su vez, de la distancia e intensidad del ciclón, ya sea que este se acerque o se retire del área. Durante ambas fases (acercamiento y alejamiento), se debe recopilar y procesar información en base a pronósticos o predicciones temporales sobre los posibles efectos del ciclón y sus posibles impactos, hasta que se identifique con certeza, la velocidad del viento y el tiempo estimado para el impacto.

CLASIFICACIÓN DE CICLONES TROPICALES

Un *ciclón tropical* es un término meteorológico usado para referirse a un sistema de tormentas caracterizado por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión, formando una masa de aire cálida y húmeda que produce fuertes vientos que giran en espiral alrededor de un núcleo, lo que produce olas altas, sobreelevación del mar, y abundante lluvia. Es considerado un fenómeno natural que se origina en aguas tropicales o subtropicales. En el hemisferio sur, los ciclones tropicales giran en sentido de las agujas del reloj, mientras que en el hemisferio norte giran en sentido contrario. Dependiendo de su fuerza y ubicación geográfica donde se encuentre, un ciclón tropical se conoce por distintos nombres, incluyendo: huracán, tifón, tormenta tropical, tormenta ciclónica, depresión tropical o simplemente ciclón (OMM 2017; NOAA 2017).

A nivel mundial, las formaciones de ciclones tropicales se dividen en siete cuencas, cuatro en el hemisferio norte y tres en el hemisferio sur. Estas son: La cuenca del Océano Atlántico Norte (incluyendo el norte del Océano Atlántico, el Golfo de México y el Mar Caribe); la cuenca del Océano Pacífico Nororiental y Noroccidental; la cuenca del Océano Pacífico Sur; las cuencas del Océano Índico Suroeste y Océano Índico Sudeste, y Océano Índico Norte que incluye el Mar Arábigo y la Bahía de Bengala. Los ciclones tropicales se clasifican según las velocidades del viento ubicadas alrededor del centro de circulación y la Organización Meteorológica Mundial (OMM 2017) las clasifica de uno a cinco en una escala de ciclones tropicales.

Los más débiles se llaman depresiones tropicales, y los más fuertes se pueden llamar huracanes, tifones o ciclones tropicales, dependiendo de la zona geográfica donde se originen. Anualmente, en el mundo se forman un promedio de 86 ciclones con intensidad de tormenta tropical (con vientos máximos de 63 km / h), de los cuales 47 alcanzan fuerza de huracán/tifón, y 20 se convierten en ciclones tropicales intensos, como ser super tifones o huracanes de altas categorías (OMM 2017).

El término huracán se utiliza en el Atlántico Norte y en el Pacífico Noreste, mientras que el término tifón es utilizado en el Pacífico Noroeste para ese mismo tipo de perturbación. En el Pacífico Sur y el Océano Índico, se utiliza el término genérico *ciclón tropical*, independientemente de la fuerza del viento asociada con el sistema meteorológico (NOAA 2017).

En general, la escala utilizada para un *ciclón tropical* en particular va a depender de la cuenca en la que se encuentre presente el sistema, pero todas las cuencas tienen en común nombrar un *ciclón tropical* cuando los vientos sostenidos alcanzan los 63 km/h (39 mph). Asimismo, todas las escalas clasifican los ciclones tropicales utilizando sus vientos máximos sostenidos durante un período de entre uno y diez minutos. De acuerdo con la Tabla 1, el Centro Nacional de Huracanes (NHC), el Centro de Huracanes del Pacífico Central (CPHC) y el Centro Conjunto de Advertencia de Tifones (JTWC) utilizan escalas de vientos sostenidos de 1 minuto, mientras que el Departamento Meteorológico de la India (IMD) utiliza vientos sostenidos de 3 minutos, y todos los demás centros de advertencia utilizan vientos sostenidos de 10 minutos.

TABLA 1

Clasificación de los ciclones tropicales en las principales cuencas del mundo.

CLASIFICACIÓN DE CICLONES TROPICALES

	Hemisferio Norte			Hemisferio Sur	
CUENCA/AGENCIA	**OCÉANO PACÍFICO NORESTE Y OCÉANO ATLÁNTICO NORTE**	**OCÉANO PACÍFICO NOROESTE**	**OCÉANO ÍNDICO NORTE**	**OCÉANO PACÍFICO SUR**	**OCÉANO ÍNDICO SUROESTE**
	Centro Nacional de Huracanes / Centro de Huracanes del Pacífico Central	**Centro Conjunto de Advertencia de Tifones**	**Departamento Meteorológico de la India**	**Buró de Meteorología/ Servicio Meteorológico de Fiji**	**Météo-France**
MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO	Vientos máximos sostenidos (1 minuto)	Vientos sostenidos (1 minuto)	Vientos sostenidos (3 minutos)	Vientos sostenidos (10 minutos)	Vientos sostenidos (10 minutos)
	Depresión Tropical <38 mph <33 nudos <61 km/h	**Depresión Tropical** <38 mph <33 nudos <61 km/h	**Depresión** 19 - 31 mph 17 - 27 nudos 31-51 km/h	**Depresión Tropical** <32 - 38 mph <28 - 33 nudos <52- 62 km/h	**Perturbación Tropical** <32 mph <28 nudos <52 km/h
			Depresión Profunda 32 - 38 mph 28 - 33 nudos 52 - 61 km/h		**Depresión Tropical** 32 - 38 mph 28 - 33 nudos 51 - 62 km/h
	Tormenta Tropical 39 - 73 mph 34 - 63 nudos 63 - 117 km/h	**Tormenta Tropical** 39 - 73 mph 34 - 63 nudos 63 - 117 km/h	**Tormenta Ciclónica** 39 - 54 mph 34 - 47 nudos 62 - 88 km/h	**Ciclón Tropical Categoría 1** 39 - 54 mph 34 - 47 nudos 63 - 88 km/h	**Tormenta Tropical Moderada** 39 - 54 mph 34 - 47 nudos 63 - 88 km/h
			Tormenta Ciclónica Severa 55 - 72 mph 48 - 63 nudos 89 - 118 km/h	**Ciclón Tropical Categoría 2** 55 - 72 mph 48 - 63 nudos 89 - 118 km/h	**Tormenta Tropical Severa** 55 - 72 mph 48 - 63 nudos 89 - 117 km/h
	Huracán Categoría 1 74 - 95 mph 64 - 82 nudos 119 - 153 km/h	**Tifón** 74 - 149 mph 64 - 129 nudos 119 - 239 km/h	**Tormenta Ciclónica Muy Severa** 73 - 103 mph 64 - 89 nudos 119 -165 km/h	**Ciclón Tropical Severo Categoría 3** 73 - 98 mph 64 - 85 nudos 119 - 157 km/h	**Ciclón Tropical** 73 - 103 mph 64 - 89 nudos 118 - 165 km/h
	Huracán Categoría 2 96 - 110 mph 83 - 95 nudos 154 - 177 km/h		**Tormenta Ciclónica Extremadamente Severa** 104 - 137 mph 90 - 119 nudos 166 - 220 km/h	**Ciclón Tropical Severo Categoría 4** 99 - 123 mph 86 - 107 nudos 158 - 198 km/h	**Ciclón Tropical Intenso** 104 - 131 mph 90 - 114 nudos 166 - 213 km/h
	Huracán Categoría 3 111 - 129 mph 96 - 112 nudos 178 - 208 km/h				
	Huracán Categoría 4 130 - 156 mph 113 - 136 nudos 209 - 251 km/h	**Super Tifón** >150 mph >130 nudos >240 km/h	**Super Tormenta Ciclónica** >137 mph >120 nudos >221 km/h	**Ciclón Tropical Categoría 5** >124 mph >108 nudos >199 km/h	**Ciclón Tropical Muy Intenso** >131 mph >115 nudos >214 km/h
	Huracán categoría 5 >157 mph >137 nudos >252 km/h				

Mph: Millas por hora

Nudos

Km/h: Kilómetros por hora

Esta tabla muestra la clasificación de los ciclones para las principales cuencas del mundo en función de la velocidad media del viento, el nombre de la agencia que monitorea el fenómeno meteorológico en cada cuenca, y la escala de tiempo utilizada para medir la velocidad promedio del viento.

Aunque cada una de las cuencas tiene su patrón particular de actividad ciclónica (ver Tabla 2), la mayor parte tienden a alcanzar su punto máximo en todo el mundo a fines del verano. El mes menos activo suele ser mayo, y septiembre es el más activo (OMM 2017).

TABLA 2

Temporadas de ciclones temporales a nivel mundial.

HEMISFERIO	CUENCA	NOMBRE DE LA TEMPORADA	INICIO	FIN
Hemisferio Norte	Océano Atlántico Norte	Temporada de huracanes del Atlántico	1 de Junio	30 de Noviembre
	Océano Pacífico Noreste	Temporada de huracanes del Pacífico Oriental	15 de Mayo	30 de Noviembre
	Océano Pacífico Noroeste	Temporada de Tifones del Pacífico Noroeste	1 de Abril	31 de Enero
	Océano Índico Norte	Temporada de ciclones del Indico Norte	1 de Abril	31 de Diciembre
Hemisferio Sur	Océano Índico Suroeste	Temporada de ciclones del Indico Suroeste	15 de Octubre	31 de Mayo
	Océano Índico Sureste	Temporada de ciclones de Australia / Indico Sudeste	15 de Octubre	31 de Mayo
	Océano Pacífico Sur	Temporada de ciclones de Australia / Pacífico Suroeste	1 de Noviembre	30 de Abril

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Un Sistema de Alerta Temprana es una herramienta de coordinación diseñada para generar información de manera sistemática, que sea relevante y oportuna para la toma de decisiones informada y el accionar, antes y durante un *ciclón tropical*, y para a alertar a los *brigadistas* y otros miembros del equipo sobre el estado de una amenaza ciclónica. El Sistema de Alerta Temprana se debe adaptar al sistema de alerta oficial del país o región donde se implementa el Protocolo.

El Protocolo propone un Sistema de Alerta Temprana que consta de varios niveles de alerta durante las fases de Acercamiento y Alejamiento. Este se basa en la escala Saffir-Simpson, la cual es estándar para todas las regiones. Según esta escala, la Fase de Acercamiento inicia cuando se detecta un *ciclón tropical* con predicción a afectar un área local. La Fase de Alejamiento inicia cuando el ciclón se empieza a alejar del área local, sin importar si este ha impactado el arrecife o no. Las acciones a implementar en cada fase van a depender del nivel de alerta, y esto a su vez, de la distancia y la intensidad del ciclón (ver Tabla 3 y 4).

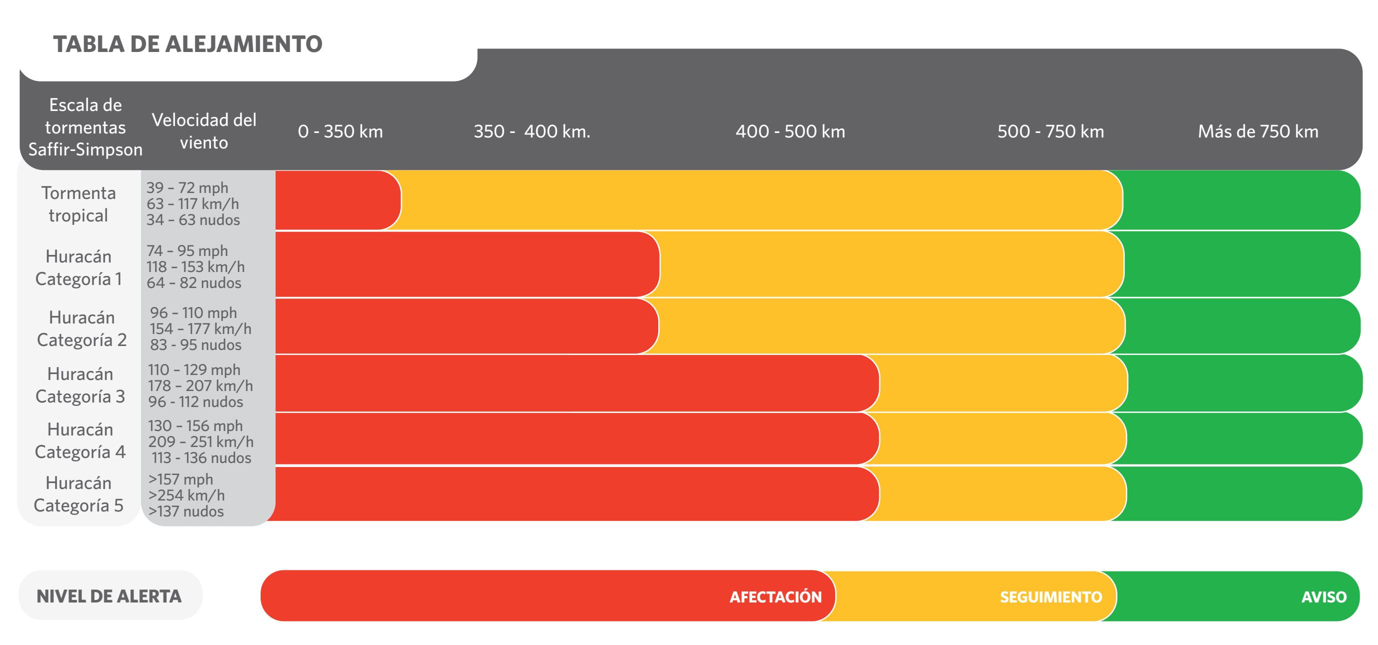
TABLA 3

Niveles de alerta de la Fase de Acercamiento de un *ciclón tropical.*



TABLA 4

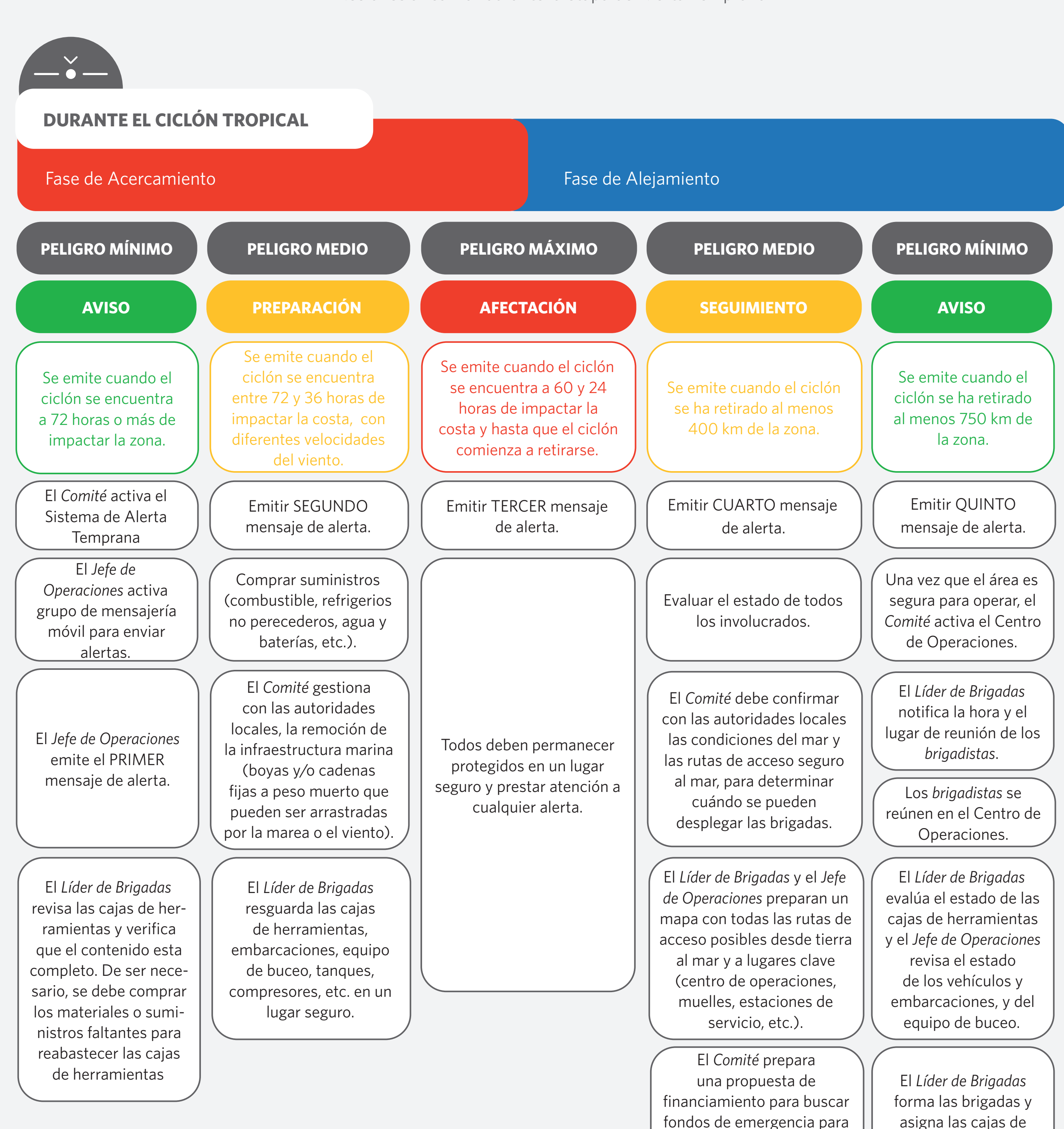
Niveles de alerta de la fase de Alejamiento de un *ciclón tropical.*



Las acciones de Alerta Temprana para la fase de Acercamiento y Alejamiento, así como los niveles de alerta se han resumido en la Tabla 5. Esta tabla debe ser distribuida entre las partes que participan en esta iniciativa. La información contenida en la tabla se puede actualizar / mejorar una vez que el Protocolo se ponga en práctica.

TABLA 5

Acciones a realizar durante la etapa de Alerta Temprana.



DURANTE EL CICLÓN TROPICAL

Fase de Acercamiento			Fase de Alejamiento	
PELIGRO MÍNIMO	**PELIGRO MEDIO**	**PELIGRO MÁXIMO**	**PELIGRO MEDIO**	**PELIGRO MÍNIMO**
AVISO	**PREPARACIÓN**	**AFECTACIÓN**	**SEGUIMIENTO**	**AVISO**
Se emite cuando el ciclón se encuentra a 72 horas o más de impactar la zona.	Se emite cuando el ciclón se encuentra entre 72 y 36 horas de impactar la costa, con diferentes velocidades del viento.	Se emite cuando el ciclón se encuentra a 60 y 24 horas de impactar la costa y hasta que el ciclón comienza a retirarse.	Se emite cuando el ciclón se ha retirado al menos 400 km de la zona.	Se emite cuando el ciclón se ha retirado al menos 750 km de la zona.
El *Comité* activa el Sistema de Alerta Temprana	Emitir SEGUNDO mensaje de alerta.	Emitir TERCER mensaje de alerta.	Emitir CUARTO mensaje de alerta.	Emitir QUINTO mensaje de alerta.
El *Jefe de Operaciones* activa grupo de mensajería móvil para enviar alertas.	Comprar suministros (combustible, refrigerios no perecederos, agua y baterías, etc.).	Todos deben permanecer protegidos en un lugar seguro y prestar atención a cualquier alerta.	Evaluar el estado de todos los involucrados.	Una vez que el área es segura para operar, el *Comité* activa el Centro de Operaciones.
El *Jefe de Operaciones* emite el PRIMER mensaje de alerta.	El *Comité* gestiona con las autoridades locales, la remoción de la infraestructura marina (boyas y/o cadenas fijas a peso muerto que pueden ser arrastradas por la marea o el viento).		El *Comité* debe confirmar con las autoridades locales las condiciones del mar y las rutas de acceso seguro al mar, para determinar cuándo se pueden desplegar las brigadas.	El *Líder de Brigadas* notifica la hora y el lugar de reunión de los *brigadistas*. Los *brigadistas* se reúnen en el Centro de Operaciones.
El *Líder de Brigadas* revisa las cajas de herramientas y verifica que el contenido esta completo. De ser necesario, se debe comprar los materiales o suministros faltantes para reabastecer las cajas de herramientas	El *Líder de Brigadas* resguarda las cajas de herramientas, embarcaciones, equipo de buceo, tanques, compresores, etc. en un lugar seguro.		El *Líder de Brigadas* y el *Jefe de Operaciones* preparan un mapa con todas las rutas de acceso posibles desde tierra al mar y a lugares clave (centro de operaciones, muelles, estaciones de servicio, etc.).	El *Líder de Brigadas* evalúa el estado de las cajas de herramientas y el *Jefe de Operaciones* revisa el estado de los vehículos y embarcaciones, y del equipo de buceo.
			El *Comité* prepara una propuesta de financiamiento para buscar fondos de emergencia para implementar las acciones de respuesta.	El *Líder de Brigadas* forma las brigadas y asigna las cajas de herramientas.



Durante la fase de Acercamiento, los miembros del *Comité* y las brigadas deben ser alertados de la potencial amenaza. El *Jefe de Operaciones* debe crear un grupo de mensajería móvil temporal para enviar alertas y mantener a todos informados mientras el ciclón tiene presente en el área, y para mantener la comunicación durante las acciones de respuesta.

El Coordinador del *Comité* debe monitorear continuamente los informes de *pronóstico* meteorológico local para rastrear la ubicación actual y la intensidad del *ciclón tropical*, y se debe basar en los boletines oficiales emitidos por las entidades que monitorean los fenómenos en el área. Es recomendable tener una aplicación para rastrear el ciclón, la cual emite alertas constantes de la ubicación y la fuerza del ciclón a medida que se acerca. Existen varias aplicaciones para teléfonos inteligentes (consulte el Anexo 2 para obtener más información).

El *Comité* es responsable de la comunicación externa para proporcionar los informes necesarios fuera del grupo, hacer que la información sea más fluida y mantener al público en general al tanto de las acciones que se estén implementando. En ausencia del Coordinador del *Comité*, el *Líder de Brigadas* asume esta responsabilidad.


© Jennifer Adler



ETAPA 3

EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO

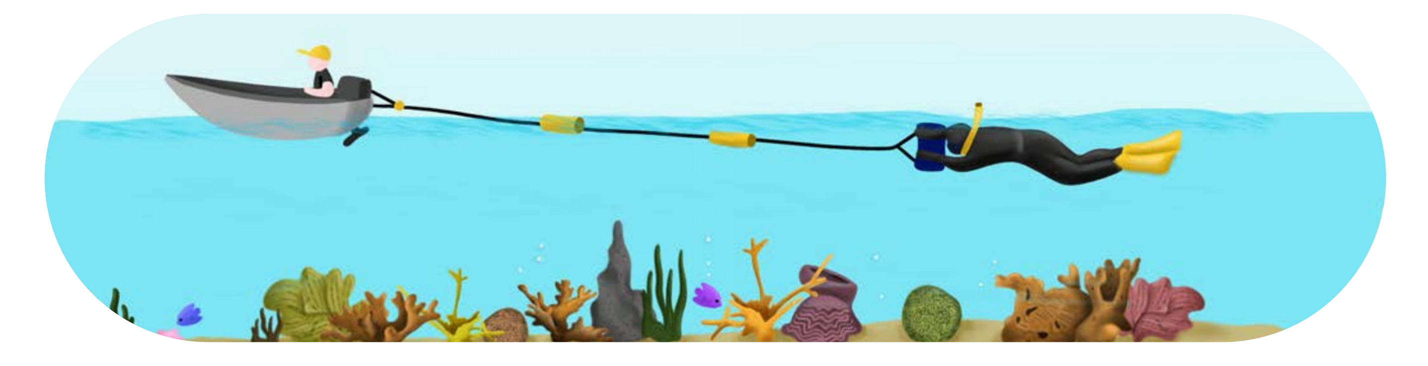
EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO

Una vez que el *ciclón tropical* se aleja del área y las condiciones climáticas son seguras para trabajar, las brigadas son desplegadas en el mar. Su primera tarea es realizar una evaluación rápida para determinar el nivel de daño causado por el ciclón en los arrecifes y la cantidad de *escombros de desastre* presentes en el área. Esta evaluación es la primera acción que se va a implementar en campo después del paso del ciclón. Mediante la evaluación se pretende identificar las áreas del arrecife más afectadas por tipo y categoría de daño, las cuales deben ser atendidas posteriormente durante la Respuesta Primaria. También se pretende evaluar la cantidad y la ubicación de *escombros de desastre* generados por el ciclón a fin de determinar el nivel de intervención requerido para su remoción.

EVALUACIÓN MEDIANTE ARRASTRES

Las brigadas son las encargadas de realizar la evaluación de daños mediante la técnica de arrastre o “Manta Tow” (ver Figura 3).

FIGURA 3
Técnica de arrastre “Manta” sugerido para la evaluación rápida del daño (English et al. 1994).



Este método consiste en arrastrar lentamente a un *esnorquelísta* sujetando un cabo con un asa o un dispositivo de flotación, desde la parte posterior de la embarcación, lo que permite observar el fondo y registrar información en una pizarra acrílica, y sostener un GPS y una cámara fotográfica. La información también puede ser registrada desde la embarcación por otros miembros de la *brigada*. En este caso, los miembros del equipo deben acordar un

código de señales que permita al *esnorquelísta* transmitir información sobre lo que se observa en el fondo. Mediante esta técnica se obtiene información sobre el nivel de daño y la posición geográfica de este. El nivel de daño se clasifica en seis categorías (Tabla 6). Una vez que los datos de daños se han registrado y georreferenciado la información se debe plasmar en un mapa indicando las áreas que requieren una respuesta inmediata (Figura 4).

TABLA 6

Niveles y categorías para la evaluación rápida de daño. El nivel de daño representa grupos de impacto ecológico y encapsula el daño a las colonias y al arrecife. Los niveles 1, 2 y 3 se refieren al daño del coral, mientras que los niveles 4 y 5 se refieren al daño estructural del arrecife (Tabla tomada de Beeden et al. 2015).

NIVEL DE DAÑO

Nivel de daño	Categoría	Características observadas
0	No hay daño	Arrecife sin daño
1	Daño menor	Corales ramificados con puntas y orillas (1-30%) rotas y ramas fragmentadas (1 - 10%).
2	Daño moderado	Corales ramificados y masivos con tejido dañado, *fragmentos* rotos (31 - 75%).
3	Daño mayor	Colonias de coral desprendidas (11 - 30%), *fragmentos* de diversos tamaños de corales masivos y ramificados sueltos en el fondo y entre el cascajo (31 – 50%).
4	Daño severo	Colonias grandes de corales desprendidos (31 – 50%), *fragmentos* enterrados entre el cascajo (51 – 100%). Porciones del substrato totalmente erosionado.
5	Daño extremo	Superficie del fondo marino sin organismos sésiles, grandes colonias de corales masivos y ramificados desprendidas (51 – 100%). Fondo marino totalmente removido y con evidencia de daño estructural.

EVALUACIÓN MEDIANTE DRON

Además, de la evaluación mediante arrastre, se sugiere llevar a cabo una evaluación mediante dron. Estos permiten estimar la cantidad de desechos de desastre arrastrados por el ciclón al mar, tanto en áreas poco profundas (por ejemplo, en la *cresta arrecifal*) donde la embarcación no puede navegar, al igual que en zonas a lo largo de la costa. En algunos casos, esta técnica proporciona un detalle mayor que las imágenes satelitales, y a un menor costo, pero el nivel de detalle de las imágenes va a depender de la resolución de la cámara del dron, y de las condiciones del agua, ya que la turbidez y el movimiento, pueden afectar la interpretación de las imágenes.

Se recomienda tomar las fotografías o videos de las zonas afectadas cuando la embarcación esté detenida, ya que la cámara subacuática se puede inundar por la presión variable del agua durante los arrastres.

PRIORIZACIÓN DE LOS SITIOS PARA LA RESPUESTA INMEDIATA

La información generada en la evaluación rápida debe ser analizada de forma inmediata, y con los resultados se debe generar un mapa donde se muestren los impactos generales y los sitios más afectados. Esto va a servir para priorizar las áreas que requieren respuesta inmediata y así evitar daños posteriores.

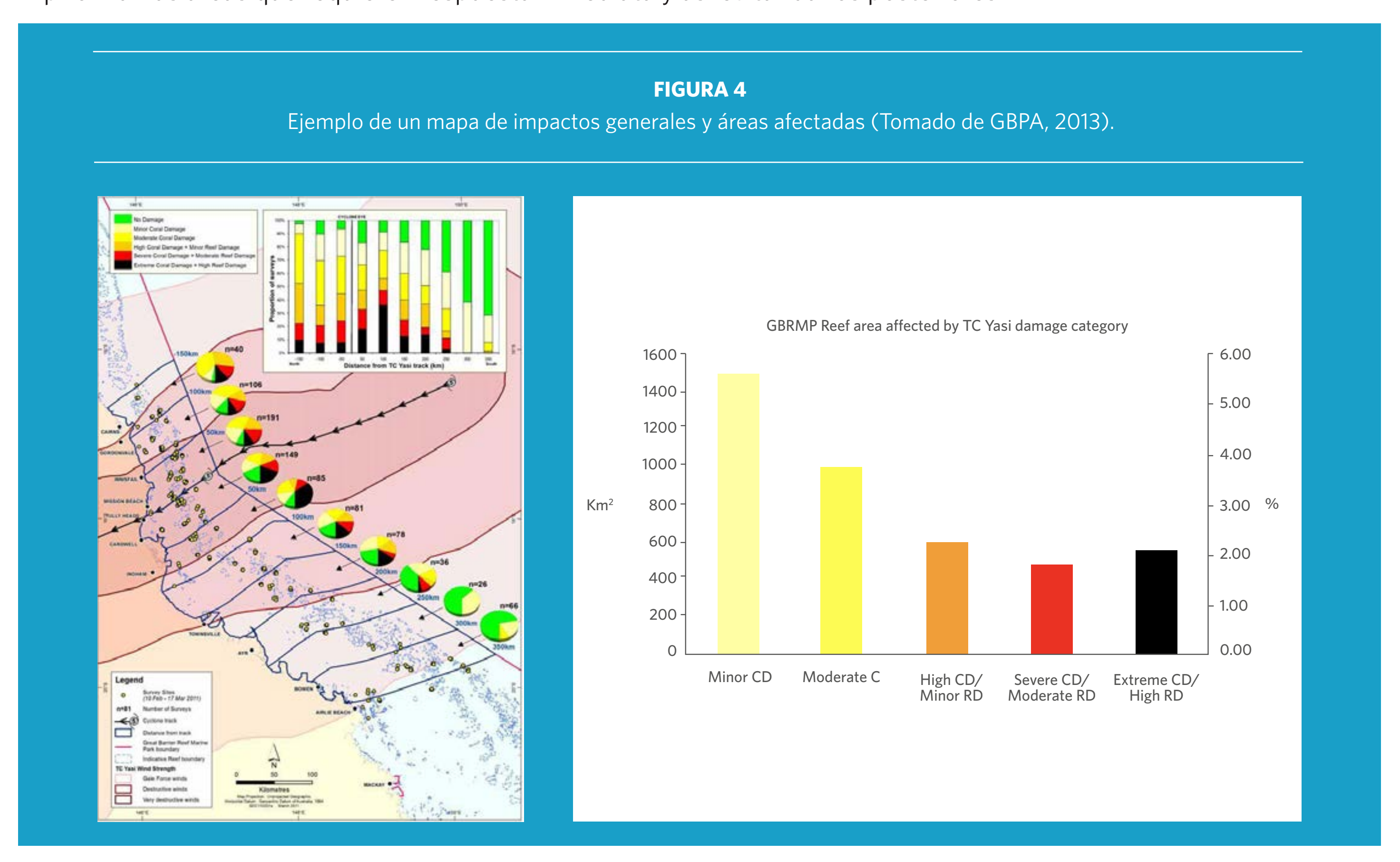


FIGURA 4
Ejemplo de un mapa de impactos generales y áreas afectadas (Tomado de GBPA, 2013).

Para la priorización se deben tomar en consideración los siguientes criterios:

- Atender sitios con presencia de corales grandes desprendidos o volcados, ya que estos son más propensos a la recuperación, y se debe dar prioridad a especies de corales constructoras de arrecifes.
- Sitios que tienen daño categoría 3, donde se pueden estabilizar colonias pequeñas y medianas. Sitios con una cantidad considerable de *escombros de desastre* que pueden causar más daños al arrecife si no se remueven.
- Sitios con grandes *fragmentos* y corales masivos enterrados entre el sedimento y / o sustrato inestable de *cascajo de coral muerto*.
- Sitios con importancia ecológica alta que tengan daño categoría 3 y 4.



© Jennifer Adler



ETAPA 4

RESPUESTA PRIMARIA



RESPUESTA PRIMARIA

El propósito de la Respuesta Primaria es reducir los daños causados por el ciclón en el arrecife, y prevenir nuevos daños potenciales que pueden ocurrir de no brindarse la asistencia necesaria. Estas acciones son una serie de esfuerzos de reparación y rehabilitación que se deben llevar a cabo dentro de los primeros 45 días después del ciclón.

La Respuesta Primaria consiste en:

- Acciones de limpieza para remover *escombros de desastre* que son ajenos al mar.
- Primeros auxilios del arrecife.

Siempre que sea posible, las actividades de limpieza deben realizarse de manera paralela a los Primeros Auxilios del arrecife, a fin de minimizar el estrés en las colonias afectadas.

ACCIONES DE LIMPIEZA MARINA

Los ciclones tropicales tienen el potencial de acarrear gran cantidad de *escombros de desastre* debido al viento y las inundaciones asociadas. Los *escombros de desastre* (Figura 5) pueden ser antropogénicos (material de construcción, electrodomésticos, basura, bolsas de plástico, contaminantes dañinos) o naturales (troncos de árboles, ramas, material orgánico), sin embargo, ambos tipos pueden dañar el arrecife.

Los *escombros de desastre* que quedan en el arrecife se pueden desplazar y dañar a los corales y otros organismos bentónicos, debido a la fricción y el arrastre causados por las mareas, las corrientes y la acción de las olas.

FIGURA 5

a. *Escombros de desastre* generados por el paso del huracán Wilma en algunos hoteles de Quintana Roo. Foto: E. Craig; **b.** Acciones de limpieza en el arrecife después del huracán Wilma 2005. Foto: J.C. Huitrón.





Las acciones incluyen la limpieza de la laguna y *cresta arrecifal*, para remover objetos que flotan en el mar o se encuentran en el fondo. Estas se deben llevar a cabo, ya sea mediante buceo autónomo o *esnórquel*, dependiendo de la accesibilidad, la profundidad y el perfil del arrecife. Los *brigadistas* deben trabajar en parejas y siempre deben instalar una boya de buceo sujeta al fondo marino para que el capitán de la embarcación y los esnorquelístas conozcan su ubicación. Varias brigadas pueden estar trabajando simultáneamente en una misma área.

Se recomienda contar con una embarcación cerca para acumular el escombro de desastre recolectado durante la limpieza. Cuando los buzos encuentran objetos grandes y pesados, deben usar bolsas de izaje para levantarlos y reubicarlos o enviarlos a la superficie (Figura 6). Se recomienda el uso de sacos de yute o plástico grandes para agrupar objetos más pequeños. Una vez que el saco se llena, los buzos lo pueden enviar a la superficie con ayuda de la *bolsa de izaje*. Los esnorquelístas van a recibir los sacos u objetos en la superficie y los van a transportar a la embarcación, donde temporalmente van a permanecer hasta su disposición final. No es recomendable remover escombros de origen coralino, como ser *cascajo de coral muerto*. Solo se recomienda remover objetos extraños al arrecife.

Los esfuerzos de limpieza marina se deben repetir tantas veces como sea necesario hasta que el área haya quedado libre de *escombros de desastre*. Los escombros recolectados durante las acciones de limpieza se deben transportar a la costa para ser desechados en el sitio designado por las autoridades municipales.

Si se encuentran desechos en la playa, es necesario que el *Comité* coordine con las autoridades locales para que estos sean recolectados y de esta evitar que estos terminen en el arrecife. Esto no forma parte de las tareas de las brigadas.

FIGURA 6

Buzos enviando escombro hacia la superficie por medio de una *bolsa de izaje.*



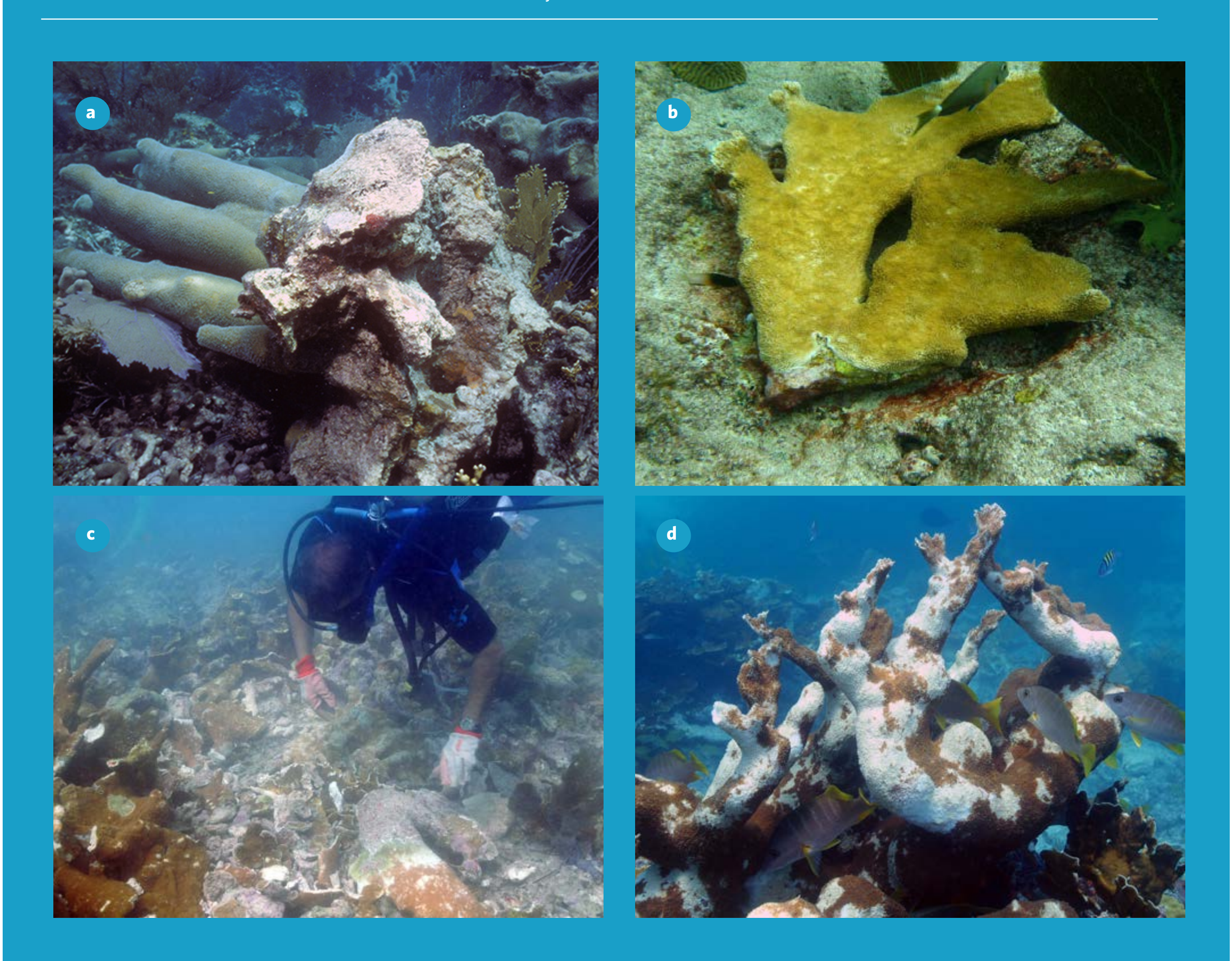
PRIMERO AUXILIOS DEL ARRECIFE

Los ciclones pueden generar una serie de impactos al arrecife. Estos pueden incluir: corales blandos desgarrados, corales ramificados con puntas y bordes rotos, colonias enteras desprendidas, desplazadas y volcadas, y fracturas estructurales en el arrecife. Sin intervención, los organismos afectados pueden ser movidos continuamente por la corriente o enterrados por el sedimento, evitando la fijación y recuperación.

Si las colonias de coral impactadas por el ciclón no son estabilizadas, con el tiempo, las posibilidades de supervivencia se reducen debido a la abrasión y a la falta de luz, y en caso de estar sueltas, pueden generar impactos secundarios en el arrecife por el movimiento de las corrientes.

FIGURA 7

Algunos de los daños causados por un ciclón. **a.** Colonia de *Dendrogyra cylindrus* (coral pilar) volcada por el impacto de un huracán. Foto NOAA; **b.** *Fragmento* de *Acropora palmata*. Foto: Kemit-Amon Lewis/The Nature Conservancy. **c.** *Fragmentos* de *Acropora palmata* producidos por el huracán Wilma en 2005. Foto. J.C. Huitrón. **d.** Colonia con daños de abrasión producidos durante el huracán Emily en 2004. Foto: J.C. Huitrón.



Los *brigadistas* son responsables de realizar las acciones de Primeros Auxilios del Arrecife, las cuales se detallan en la Figura 8 y se describen a continuación:

- Recolocar y fijar corales masivos y *fragmentos* desprendidos, desplazados, rotos o volcados.
- Remover las colonias enterradas bajo la arena o sedimentos.
- Estabilizar el *cascajo de coral muerto* y sedimento que esté suelto y causando daños al arrecife.

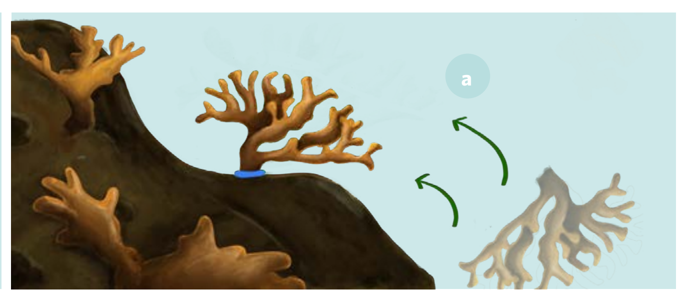
Durante los primeros auxilios del arrecife, cada buzo debe llevar consigo cinchos plásticos, hilo alquitranado y usar guantes para manejar y sujetar las colonias o *fragmentos*. Los buzos pueden usar bolsas de izaje para levantar y mover corales pesados bajo el agua.

PRIMEROS AUXILIOS DEL ARRECIFE

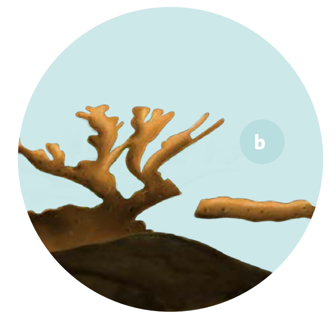
FIGURA 8

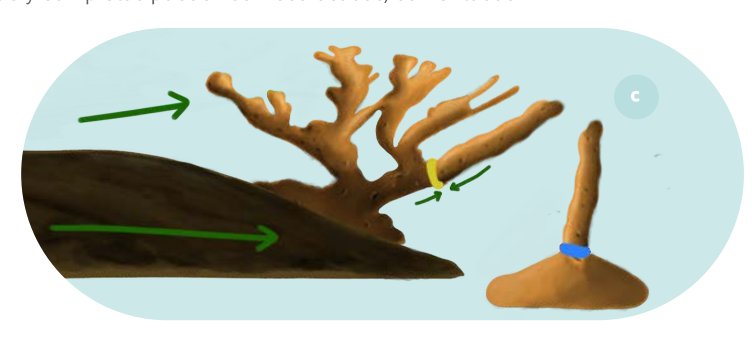
Ejemplo de las acciones de Primeros Auxilios del arrecife. Diagrama de OCEANUS A.C.





a Colonias grandes **vivas** y completas pueden ser recolocadas/cementadas.

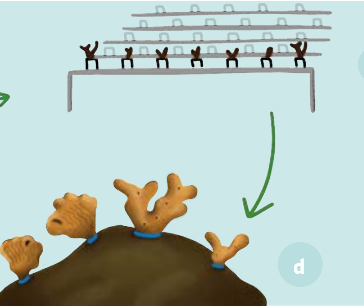




b *Fragmentos* **vivos** pueden ser unidos a colonia original.

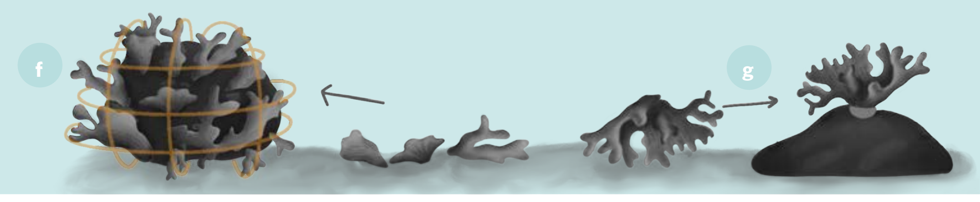
c Cementadas en nueva ubicación.





d Pequeños *fragmentos* **vivos** pueden ser cementados directamente en perforaciones o bases especiales.

e Fijados a *viveros* para su recuperación y posterior reubicación.



f Pequeños *fragmentos* **muertos** son recolectados para formar conglomerado unido con cemento, aislado con red especial y fijado al fondo.

g *Colonias* grandes **muertas** son cementadas a sustrato para evitar efecto de arrastre y abrasión.

 Impacto  Acción  Cemento  Cincho  Red

RECOLOCAR Y FIJAR CORALES MASIVOS Y FRAGMENTOS DESPRENDIDOS, DESPLAZADOS, ROTOS O VOLCADOS

Al encontrar colonias de coral grandes y vivas que han sido desprendidas de forma completa (sin fragmentación) o *fragmentos* sueltos (ver Figura 9 y 10), los *brigadistas* deben localizar el sitio del cual han sido desprendidos. Sin embargo, después de un huracán es muy probable que no se pueda encontrar el sitio original de la colonia por lo que es necesario reubicar en otro punto que sea adecuado para su fijación. Para garantizar la fijación de las colonias al substrato, se debe elegir una superficie firme y libre de material suelto (arena o cascajo). Se recomienda limpiar, con un cepillo de cerdas de alambre gruesas (Figura 11), la superficie en donde se va a colocar el coral, a fin de asegurar la adhesión del coral a la superficie. Dependiendo del impacto que el coral haya sufrido y del tamaño de este, se pueden usar diferentes técnicas para la fijación.

FIGURA 9

a. *Colonia de coral* cuerno de alce (*Acropora palmata*) completamente desprendida. Foto: Acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM. **b.** *Fragmentos de Acropora palmata* producidos por el huracán Iván en 2004. Foto: J.C. Huitrón.





FIGURA 10

a. Colonia entera de coral cerebro (*Pseudodiploria strigosa*) volcada, y **b**. *Fragmentos* de una *colonia de coral* cerebro (*Pseudodiploria strigosa*). Fotos de las acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.

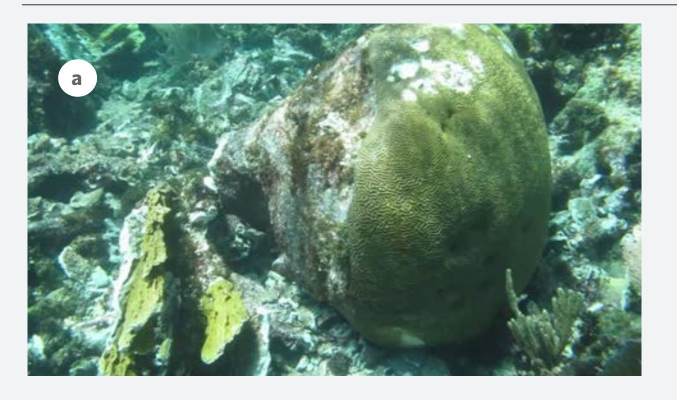
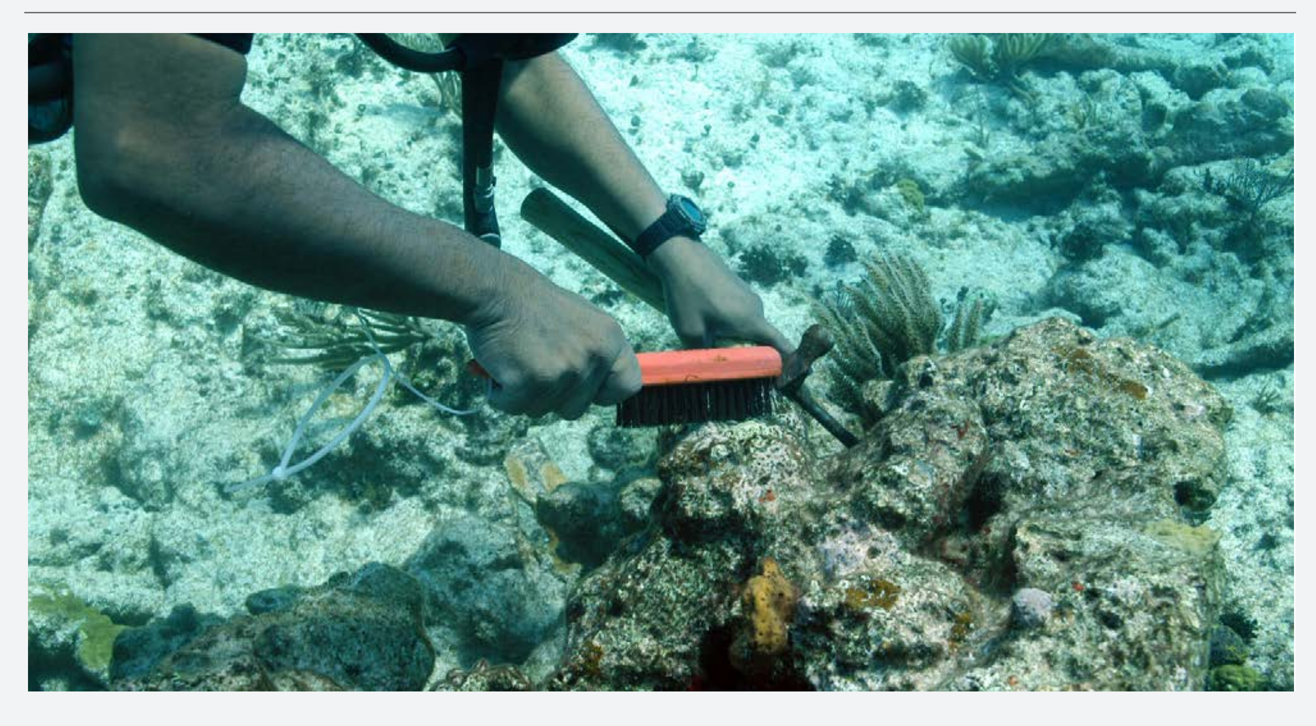




FIGURA 11
Buzo cepillando la superficie en donde se va a colocar el cemento para la fijación de un *fragmento* de coral.
Foto: J.C. Huitrón.



Los *fragmentos* pueden ser acuñados en agujeros o grietas, o asegurados mediante cinchos de plástico o hilo alquitranado (Figura 12).

FIGURA 12
a. Colonia de *Acropora palmata* fijada con hilo alquitranado. **b.** Buzo fijando *fragmento* de *Acropora palmata* con cinchos plásticos. Fotos: J.C. Huitrón, de la atención primaria después del huracán Wilma en 2005.

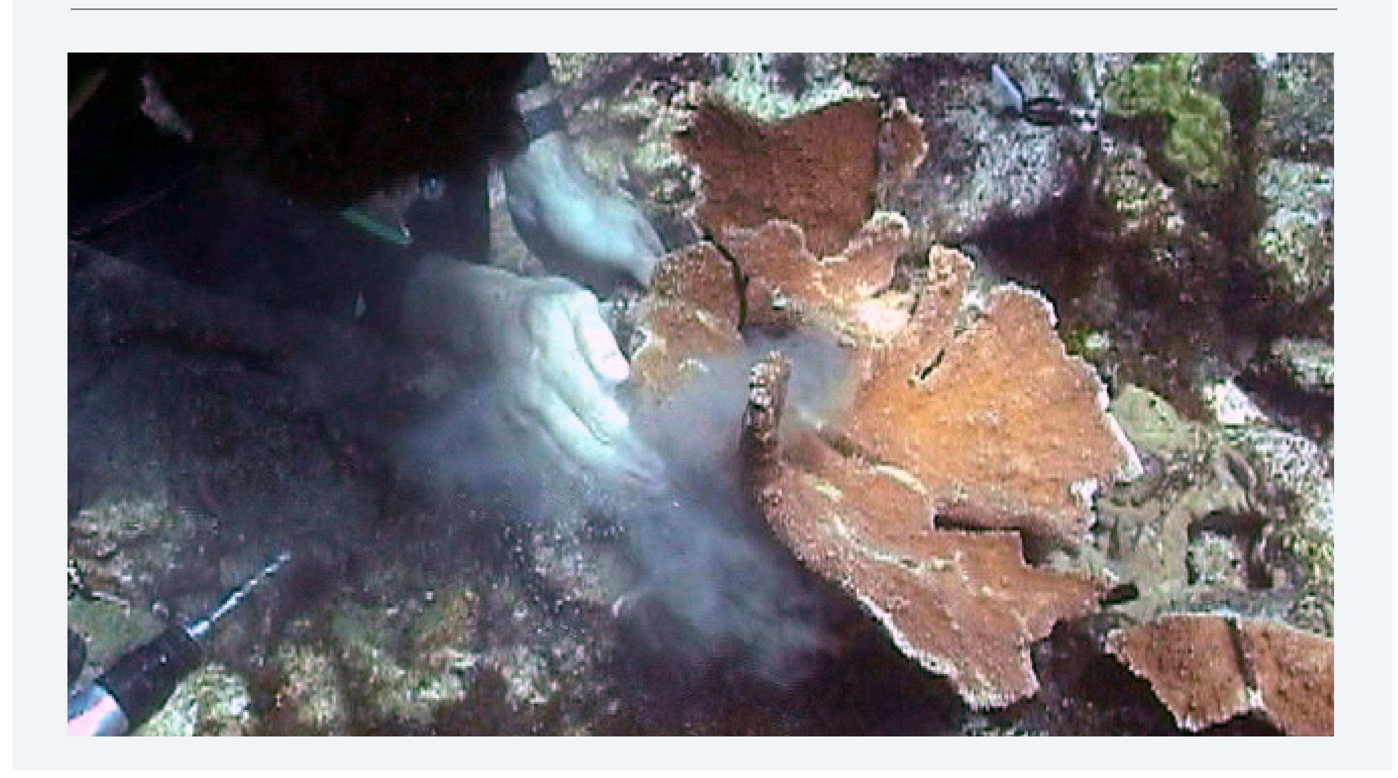




FIGURA 13

Colonia de *Acropora palmata* fijada con cemento.

Foto: J.C. Huitrón, de la atención primaria después del huracán Emily en 2004.



Las colonias de coral enteras y los *fragmentos* grandes que se hayan desprendido se pueden fijar al sustrato mediante la técnica de cementación. Esta técnica involucra la fijación de los corales directamente al arrecife o al sustrato utilizando cemento (ver Figura 13, 14 y 15) lo cual asegura la estabilidad de la colonia en ambientes con una mayor intensidad y exposición al oleaje. También se pueden fijar con pegamento epóxico (Johnson et al. 2011).

Es necesario determinar el porcentaje de tejido vivo de las colonias y *fragmentos* que se van a pegar. Preferiblemente, se deben rescatar y pegar los *fragmentos* y colonias con más del 50% de tejido vivo.

Recolectar fragmentos de coral con tejido vivo mayor al 50% para asegurar su viabilidad en la recolocación en el arrecife.

Los *fragmentos* se deben recolocar con la mayor parte de su tejido vivo orientado hacia la superficie para que tengan acceso a la luz solar.

En algunas ocasiones no es posible fijar los *fragmentos* y colonia directamente en el arrecife durante la respuesta primaria. Esto sucede cuando hay demasiados *fragmentos* pequeños y las condiciones del mar limitan el tiempo en el agua, o no existe un lugar adecuado para fijar los *fragmentos* directamente al macizo arrecifal, o las colonias tienen poco porcentaje de tejido vivo. En cualquiera de estos casos, es recomendable recolectar los *fragmentos*

para posteriormente estabilizarlos en estructuras de viveros de coral durante la Respuesta Secundaria.

Existe la posibilidad de encontrar colonias grandes, con muy poco tejido vivo, muy dañadas o completamente muertas. En estos casos no vale la pena rescatarlas y estas deben ser descartadas o bien, rescatar las porciones vivas como *fragmentos* de oportunidad para estabilizarlas en el *vivero*.

Recolectar *fragmentos* de coral pequeños con **menos del 50% de tejido vivo para ser reubicados** en *viveros* de coral.

FIGURA 14

a. Colonia de coral cuerno de alce (*Acropora palmata*) volcada. **b.** Reacomodo de una *colonia de coral* cuerno de alce (*Acropora palmata*) donde se utilizó cemento e hilo alquitranado para acomodar la colonia en su sitio original. Fotos: acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.





FIGURA 15

a. Colonia de coral cerebro (*Pseudodiploria strigosa*) volcada. **b.** Reacomodo de una *colonia de coral* cerebro (*Pseudodiploria strigosa*), donde se utilizó cemento y pedacería del sustrato para hacer una base que permitiera estabilizar el cabezo de coral. **c.** Colonia reacomodada y sellada con plastilina epóxica. Fotos: acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.





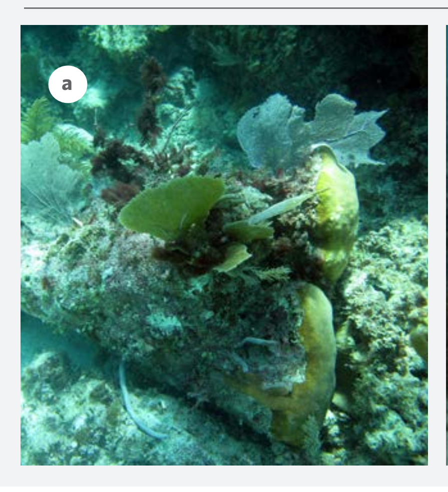


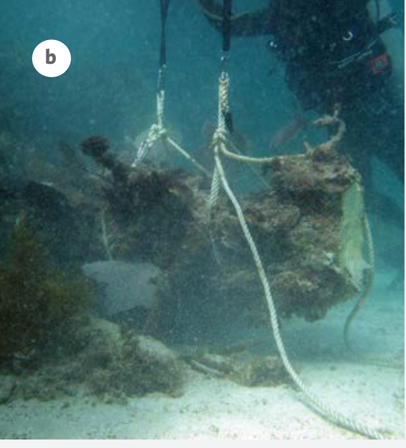
En algunos casos es necesario el uso de las bolsas de izaje para suspender estructuras grandes y pesadas que se han desprendido por completo, y poder moverlas hacia el sitio donde se requiere acomodarlas (Figura 16).

FIGURA 16

a. *Macizo de coral* desprendido que fue desplazado hasta el sustrato de arena; **b.** Amarre para el izaje; **c.** Posición final sobre la estructura con el uso de la *bolsa de izaje*.

Fotos: acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.



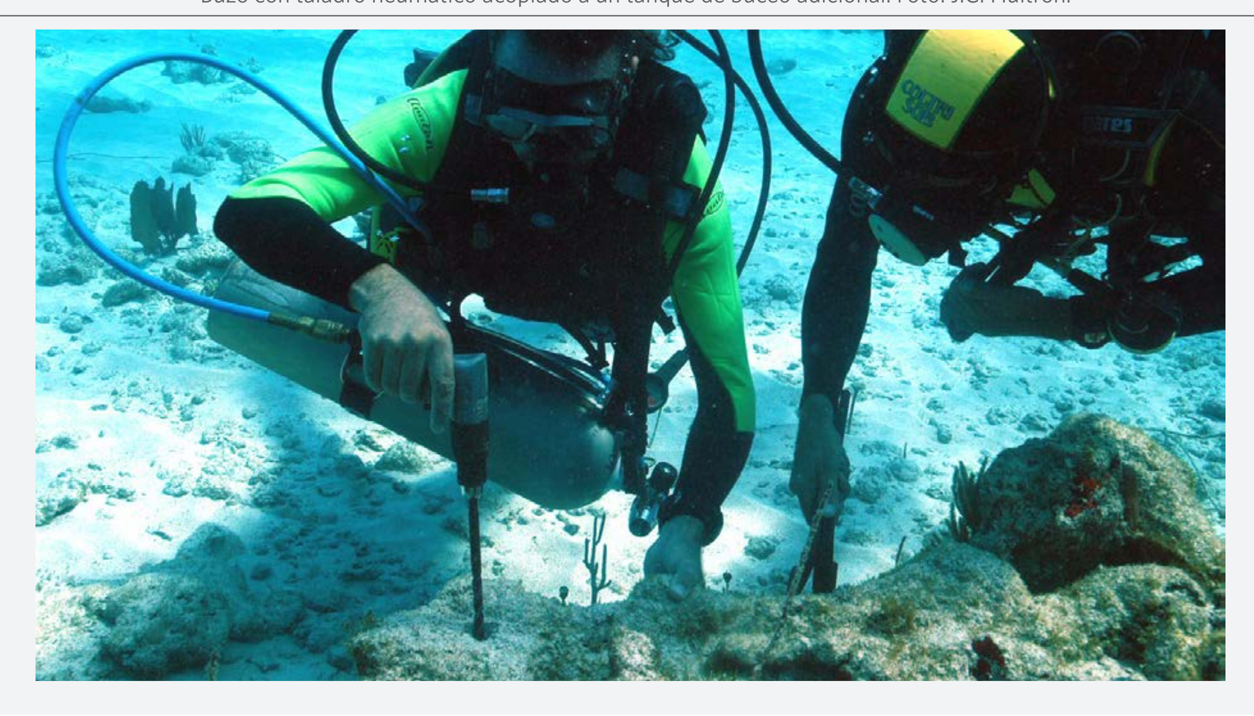




Cuando los *fragmentos* o colonias son muy grandes, los *brigadistas* pueden utilizar varillas de metal para sujetar la colonia al substrato y de esta manera garantizar la estabilizad y correcta fijación. Para insertar la varilla es necesario realizar perforaciones en la colonia y en el sustrato con un taladro neumático (Figura 17). El tamaño de la perforación puede ser de ½ a ⅝ de pulgada y la profundidad de la perforación en el substrato de 10 a 15 cm.

FIGURA 17

Buzo con taladro neumático acoplado a un tanque de buceo adicional. Foto: J.C. Huitrón.

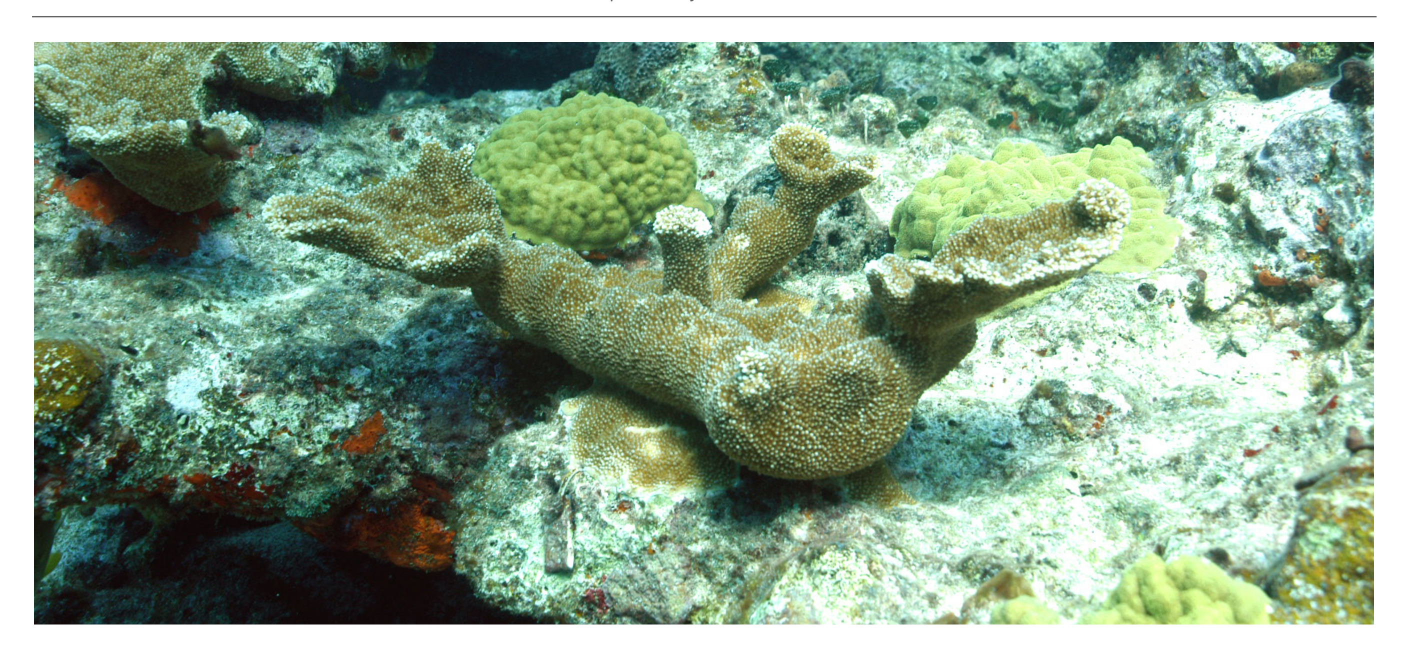


Una vez realizada la perforación, se debe insertar la varilla. Si la varilla no queda justa en el orificio, se sugiere rellenar el espacio sobrante con plastilina epóxica. Lo ideal es usar una varilla un poco más gruesa que la perforación para que se fije a presión al ser golpeada con un *marro*. El material de la varilla puede ser acero galvanizado o acero inoxidable (Figura 18). Con el paso del tiempo, el tejido de la *colonia de coral* va a cubrir la varilla por completo (Figura 19).

FIGURA 18
Colonia de *Acropora palmata* fijada con varilla de acero galvanizado.
Foto: J.C. Huitrón, atención primaria después del huracán Wilma en 2005.



FIGURA 19
Colonia de *Acropora palmata* fijada con varilla de acero galvanizado. En el centro de la colonia se observa la varilla totalmente cubierta por el tejido del coral. Foto: J.C. Huitrón.



REMOVER COLONIAS ENTERRADAS BAJO LA ARENA

Algunos colonias o *fragmentos* pueden quedar enterrados bajo el sedimento. Esto limita el paso de luz lo cual a la vez afecta la capacidad de las zooxantelas para llevar a cabo la fotosíntesis y cubrir los requerimientos energéticos del coral (Falkowski et al. 1990; Richmond 1993). Dependiendo de la especie, los corales pueden sobrevivir a altas tasas de sedimentación; desde 24 horas para especies sensibles, hasta unas pocas semanas (más de 4 semanas de alta sedimentación o 14 días de entierro completo) para especies muy tolerantes. Los corales van a intentar limpiarse del sedimento mediante una combinación de acción ciliar y tentacular, la producción de moco, y inflación de sus pólipos. Sin embargo, esto requiere mucha energía y puede llevar al agotamiento del coral (Peters y Pilson 1985; Riegel y Bloomer 1995; Riegel y Branch 1995; Erftemeijer et al. 2012).

Es necesario desenterrar y limpiar los corales. Para esto, se pueden utilizar un par de técnicas, dependiendo del nivel de sedimentación y la condición del coral, así como también, si este está o no, unido al macizo coralino.

- Cuando hay gran sedimentación, se recomienda utilizar la etapa o manguera alternativa de aire del regulador para proporcionar aire y eliminar el sedimento. Esto se debe hacer a una distancia de 15 a 25 centímetros entre el coral y la fuente de aire, con liberaciones de aire de baja intensidad.
- Cuando la sedimentación es menor, el uso de la mano en un movimiento de onda oscilante para mover el agua alrededor del coral puede ser suficiente para eliminar el sedimento.

Es importante no tocar el tejido de coral al usar cualquiera de estas técnicas.

Al usar el taladro neumático o remover sedimentos de los corales, es recomendable usar un **tanque de aire alterno** que incluya su propio regulador.

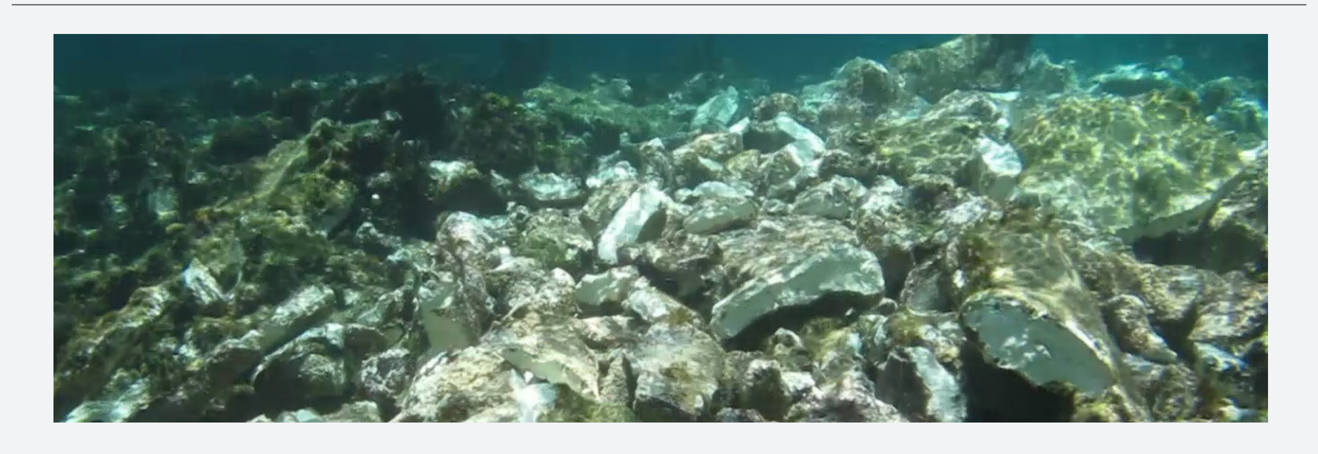

© Jennifer Adler

ESTABILIZAR EL CASCAJO DE CORAL MUERTO QUE ESTÉ SUELTO Y CAUSANDO DAÑOS EN EL ARRECIFE

Después del paso de un ciclón, a menudo hay material suelto, como *cascajo de coral muerto* en *fragmentos* de diversos tamaños (Figura 20). El material suelto se debe reubicar o estabilizar, a fin de evitar que el movimiento de las olas lo disperse a manera de proyectil, causando lesiones a los corales vivos circundantes.

FIGURA 20

Cascajo de coral muerto suelto en el arrecife. Fotos: acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.



No se recomienda fijar *fragmentos* sobre cascajo de coral muerto sin consolidar, ya que este continúa desplazándose por la energía de las olas, causando abrasión en el tejido vivo y provocando que los *fragmentos* queden enterrados. Además, no se recomienda fijar *fragmentos* vivos sobre ramas muertas de *Acropora*, ya que estas pueden colapsar cuando la nueva colonia alcance cierto peso, especialmente si las ramas muertas están en una condición porosa.

Una técnica para estabilizar el *cascajo de coral muerto* es agrupar los *fragmentos* formando montículos en áreas donde no cause ningún impacto a otros corales, o afecte la dinámica de las olas, sino más bien que favorezca la restauración de la rugosidad del relieve del arrecife. Para la contención y formación de los montículos, se puede usar cemento, varillas, hilo alquitranado, cabo marino, alambre, redes biodegradables o mallas metálicas. La forma y altura del montículo deben ser acorde al relieve del arrecife local. Durante la Respuesta Secundaria, los montículos consolidados pueden servir como sustrato para fijar las colonias de coral rescatadas.

Todas las acciones de la Respuesta Primaria han sido resumidas en un diagrama de flujo (Figura 21), el cual debe ser difundido entre las instituciones participantes en esta iniciativa. La información contenida en los diagramas puede ser actualizada o mejorada una vez que se ponga en práctica el Protocolo.

FIGURA 21

Diagrama de flujo que muestra las acciones de Respuesta Primaria que se van a realizar después del paso del ciclón.



DESPUÉS DEL CICLÓN

Acciones de Respuesta Primaria

Acciones de limpieza	Primeros Auxilios del arrecife
Retirar *escombros de desastre* del arrecife	Recolocar y fijar corales masivos y *fragmentos* desprendidos, desplazados, rotos o volcados
	Remover colonias enterradas bajo la arena
	Estabilizar el cascajo de coral muerto que esté suelto y causando daños en el arrecife

© Arcelia Romero



ETAPA 5

RESPUESTA SECUNDARIA



RESPUESTA SECUNDARIA

Una vez completadas las labores de Respuesta Primaria, las brigadas deben proceder a la Respuesta Secundaria. Durante esta etapa se van a atender los corales que no pudieron ser asistidos en la Respuesta Primaria, esto incluye estabilizar los *fragmentos* en el *vivero* de coral, llevar a cabo esfuerzos adicionales de siembra de corales, estabilizar fracturas estructurales en colonias dañadas, y cualquier otra actividad que lleve a la restauración física del arrecife. También incluye dar mantenimiento a los viveros y sitios asistidos durante la Respuesta Primaria.

ESTABILIZAR FRACTURAS ESTRUCTURALES

Durante el impacto del ciclón, algunos corales son volcados por la corriente y se rompen en varias piezas, se fracturan o rajan de forma parcial. Es necesario estabilizar las fracturas para evitar que estas se hagan mayores. Las fracturas estructurales pequeñas se pueden estabilizar acomodando las piezas del coral como un rompecabezas con plastilina epóxica o con mortero de cemento y otros materiales de refuerzo (Figura 22).

FIGURA 22

a. Colonia de coral cerebro (*Pseudodiploria strigosa*) lesionada. **b.** Restauración de una lesión de una *colonia de coral* cerebro (*Pseudodiploria strigosa*). **c.** Restauración de la lesión de la colonia con plastilina epóxica. Fotos: acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.





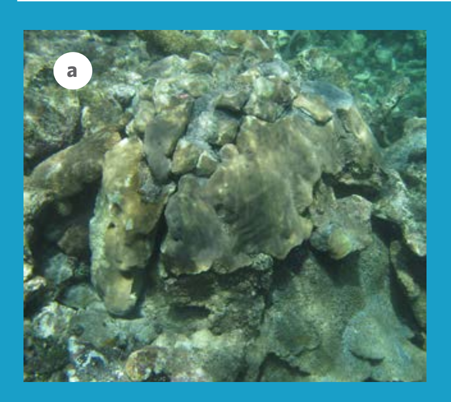


Si la fractura es muy grande, es necesario estabilizar la fractura para evitar que esta se vuelva mayor, o que el coral se termine partiendo en una o varias piezas. Esto se puede hacer añadiendo un refuerzo mecánico con varillas de acero inoxidable. Las fracturas estructurales más grandes se pueden rellenar usando *cascajo de coral muerto* mezclado con cemento. Esto reduce la cantidad de cemento necesario para reparar la fractura. Primero, se deben unir las piezas más grandes para después acomodar las más pequeñas entre los espacios vacíos, y finalmente las áreas que queden expuestas se deben sellar con plastilina epóxica (Figura 23).

Los *brigadistas* deben asegurar que las piezas de coral colectadas pertenezcan a la misma colonia, para así evitar problemas de crecimiento relacionados con la genética de cada organismo.

FIGURA 23

Restauración de una *colonia de coral* masiva (*Orbicella faveolata*) fragmentada en varios pedazos de distintos tamaños. Fotos: acciones de rescate y restauración realizadas por el CRIAP, INAPESCA en el PNAPM.







ESTABILIZAR FRAGMENTOS EN EL VIVERO DE CORAL

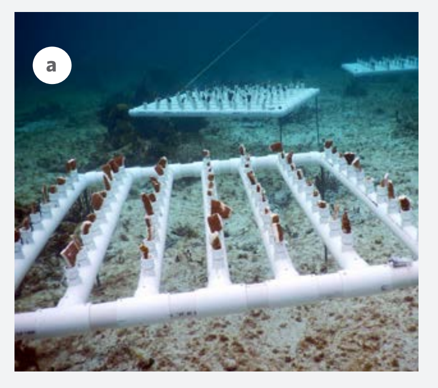
Durante la Respuesta Primaria, muchos *fragmentos* de coral desprendidos o rotos no pueden ser fijados en el momento, por lo cual deben ser colectados y trasladados para su posterior estabilización en viveros de coral que son construidos para este fin.

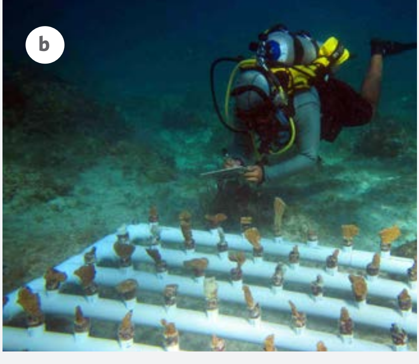
Un *vivero* de coral es una estructura que sirve para fijar *fragmentos* de coral que han sido rescatados del arrecife. Estas estructuras albergan los *fragmentos* de coral durante cierto tiempo para permitir la estabilización y crecimiento de las colonias, previo a ser trasladadas a una zona permanente del arrecife.

No existe un diseño ideal de *vivero* de coral que se aplique a todas las condiciones de un lugar. Por lo tanto, los diseños de viveros deben tomar en cuenta la variación en factores tales como las condiciones del agua (por ejemplo, profundidad, energía de las olas, turbidez), la idoneidad del hábitat, la competencia y la probabilidad de impactos humanos (Johnson et al. 2011)). Los viveros deben ser ubicados en áreas estratégicas, protegidas de las corrientes, y deben cumplir los criterios establecidos en el Anexo 5. Varios tipos de viveros de coral se han establecido en el Caribe. El tipo de *vivero* va a depender de los requisitos y necesidades específicas del proyecto. La Figura 24 muestra un modelo de *vivero* que consiste en una estructura de PVC en forma de parrilla con capacidad para 70 colonias de coral.

FIGURA 24

Vivero de coral construido en una estructura rectangular de PVC. Este modelo es utilizado por OCEANUS A.C. Fotos: OCEANUS A.C.



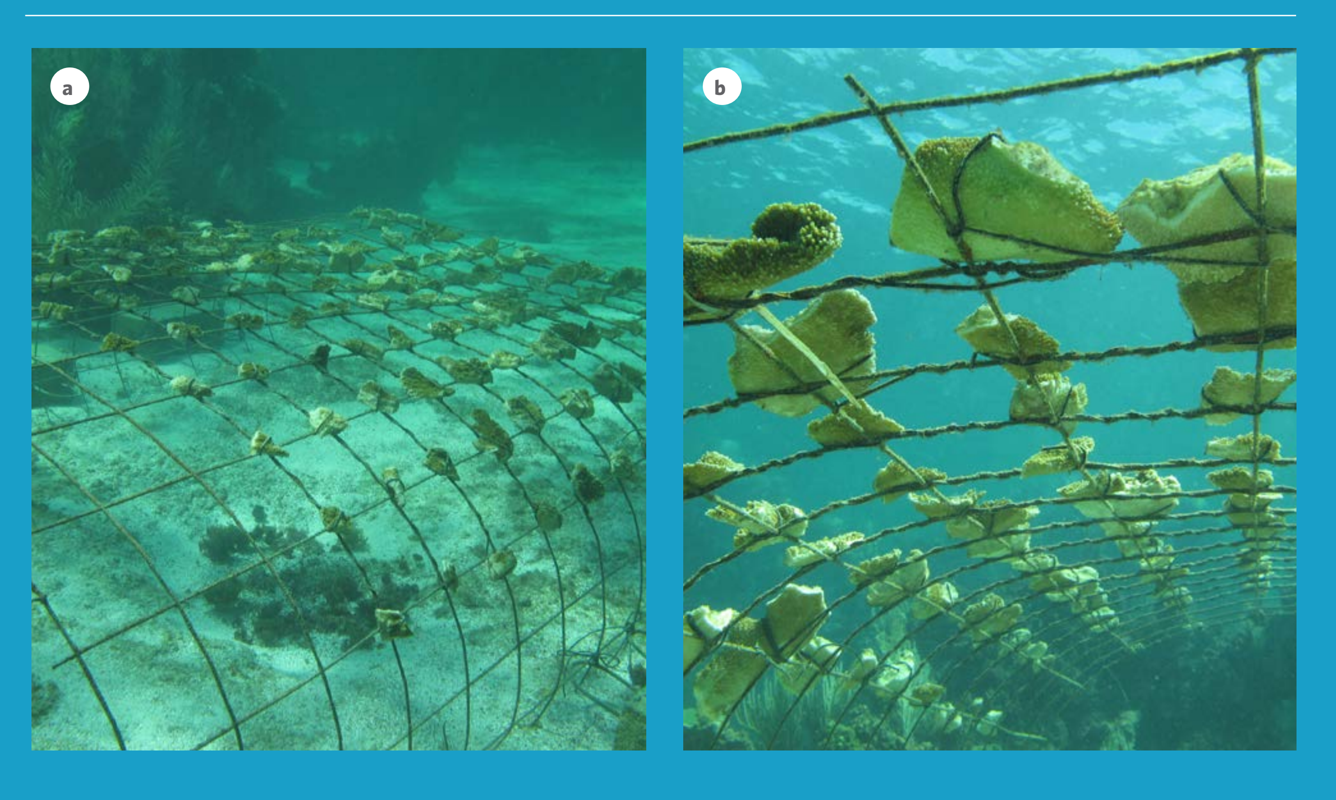




Durante una emergencia por encallamiento en Quintana Roo, México, el Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) construyó un *vivero* marino muy sencillo para rescatar las colonias que fueron impactadas. Este consiste en un domo de malla electrosoldada, anclado con peso muerto de bloques de concreto para construcción (Figura 25). El diseño es muy simple, no requiere ser construido con anticipación y se puede instalar en el mar de manera rápida. Además, este tipo de *vivero* requiere poco presupuesto ya que los materiales son baratos y se encuentran en cualquier ferretería. Las colonias se amarran con cinchos plásticos o con hilo alquitranado a la malla electrosoldada. El *vivero* tiene capacidad para colocar muchas colonias de coral, pero tiene la desventaja de que solamente se pueden colocar *fragmentos* de coral de tamaño reducido y no pueden permanecer por tanto tiempo, ya que cuando empiezan a crecer se fusionan entre ellos.

FIGURA 25

a. *Vivero* de coral en forma de domo, construido con malla electrosoldada y anclado con bloques de concreto. **b.** Acercamiento del *vivero* de coral en forma de domo. Este modelo fue utilizado por el personal del CRIAP/ INAPESCA para atender de manera emergente el rescate de colonias que se rompieron durante un encallamiento.



También se pueden instalar viveros sobre parches de arena en estructuras de PVC que mantienen las colonias de coral colgando de ellas. La Figura 26 muestra un *vivero* de coral que fue utilizado en un proyecto del CRIAP/ INAPESCA para colgar placas con tejido de coral para un proyecto de producción de colonias por micro fragmentación. Cada unidad tiene una capacidad para 40 placas de tejido coralino. El sistema tiene nudos de unión para facilitar su montaje y desmontaje.

FIGURA 26

a. *Vivero* de coral colgante, construido con una estructura de PVC. **b.** Placas de tejido colgando del *vivero*. **c.** Buzos instalando *vivero* colgante. Este modelo fue utilizado por el personal del CRIAP/INAPESCA para colgar placas con tejido de coral para un proyecto de producción de colonias por micro fragmentación. Fotos: CRIAP Puerto Morelos, INAPESCA.







Otros tipos de viveros de coral incluyen uno en forma de pirámide con capacidad para 50 colonias, cuya estructura es ideal para mantener las colonias alejadas de la arena (Figura 27); y un modelo de *vivero* modular que soporta 9 parrillas con capacidad para 100 colonias cada una, para un total de 900 colonias (Figura 28).

Los viveros marinos construidos con PVC son muy versátiles y pueden tener diversas formas para adaptarlos a las condiciones del sitio en donde se va a instalar, y a la funcionalidad requerida del *vivero*. Además, son de alta durabilidad y resistencia.

FIGURA 27

Vivero de coral en forma de pirámide construido con PVC, usado por CRIAP, INAPESCA.

FIGURA 28

Vivero de coral con parrillas modulares construido con PVC, usado por CRIAP, INAPESCA.

MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE VIVEROS Y SITIOS ASISTIDOS DURANTE LA RESPUESTA PRIMARIA

Mantenimiento

Es necesario dar mantenimiento a los viveros de coral y a los sitios que fueron asistidos durante la Respuesta Primaria, a fin de prevenir el crecimiento de macroalgas y otros organismos que puedan competir con las colonias de coral que fueron rescatadas. El mantenimiento debe implementarse siempre que sea necesario.

Las actividades de mantenimiento pueden incluir lo siguiente:

- Remover algas y otros organismos potencialmente dañinos para el coral (tunicados, esponjas, hidroides, etc.) que estén creciendo en la estructura del *vivero*. La remoción se puede hacer con cepillos con cerdas de alambre, fibras o escobillas (Figura 29). Aquellas incrustaciones que no se desprendan de cepillo pueden ser removidas con cuchillos de buceo. Al momento de hacer la remoción hay que tener cuidado de no dañar los *fragmentos* de coral durante el proceso.
- Remover macroalgas y otros organismos que estén creciendo sobre los corales. Si el crecimiento ha llegado al tejido del coral, se debe utilizar una cuchilla curva para remover el daño.
- Remover especies depredadoras de los corales, como caracoles y gusanos de fuego.
- Remover o aislar corales enfermos.
- Remover los corales que estén muertos en su totalidad, y en caso de que tengan porciones de tejido vivo, rescatarlas.
- Estabilizar *fragmentos* que se hayan desplazado y dañado.
- Revisar y reparar la estructura del *vivero* y remplazar las piezas dañadas, en especial los materiales de fijación.
- Verificar y ajustar la estructura del *vivero* y el sistema de anclaje en caso de que sea necesario.

> Las actividades de mantenimiento no requieren un amplio conocimiento de la biología de los corales, se sugiere involucrar a buzos de los centros de buceo locales para ayudar con estas tareas.

FIGURA 29
a. Buzo limpiado un módulo del *vivero* de coral en Bajo Pepito, Bahía de Isla Mujeres. Foto: J.C. Huitrón. **b.** Cepillo de alambre utilizado para limpiar el *vivero*. **c.** Fibra utilizada para limpiar el *vivero*.



Monitoreo

Es necesario establecer un método de rutina para evaluar la condición general de los corales tanto en el *vivero*, como en los sitios que fueron asistidos después del ciclón. El monitoreo se debe realizar con la mayor frecuencia posible mediante de una evaluación visual simple y que requiera un esfuerzo mínimo, pero que proporcione información importante la cual incluye:

- Presencia o ausencia de depredadores, especies oportunistas, blanqueamiento y enfermedades.
- Porcentaje de sobrevivencia.
- Condición de los *fragmentos*.

Todas las acciones de la Respuesta Secundaria han sido resumidas en un diagrama de flujo (Figura 30), el cual debe ser difundido entre las instituciones participantes en esta iniciativa. La información contenida en los diagramas puede ser actualizada o mejorada una vez que se ponga en práctica el Protocolo.

FIGURA 30
Diagrama de flujo que muestra las acciones de Respuesta Secundaria que se van a realizar después del paso del ciclón.

DESPUÉS DEL HURACÁN

Respuesta Secundaria

Estabilizar fracturas estructurales	Estabilizar *fragmentos* en el *vivero* de coral	Mantenimiento y monitoreo
	Instalar viveros de coral	Mantenimiento y monitoreo de la salud de los corales en los viveros
	Estabilizar los *fragmentos* rescatados en viveros	Mantenimiento y monitoreo de la salud de los corales en los sitios asistidos durante la Respuesta Primaria


© Jennifer Adler



ETAPA 6

ACCIONES POST-RESPUESTA

ACCIONES POST-RESPUESTA

EVALUAR Y ACTUALIZAR EL PROTOCOLO

Cada año, una vez que se han completado las actividades de Respuesta Primaria y Secundaria, se debe realizar una evaluación de la efectividad de implementación del Protocolo para identificar algunos vacíos, fallas y logros. Esto con el fin de mejorar la coordinación, comunicación, y promover la responsabilidad, la transparencia y la rendición de cuentas en los miembros del equipo. La evaluación se puede realizar a través de una reunión en la que participen todas las partes involucradas en la respuesta. La evaluación debe ser realizada por el *Líder de Brigadas* (ver las consideraciones en Anexo 6), quien debe analizar las evaluaciones y presentar un informe con los resultados al *Comité*. El *Comité* debe tomar en consideración las recomendaciones de la evaluación y hacer los ajustes necesarios para mejorar la implementación de las acciones de respuesta el año siguiente.

PREPARAR Y GESTIONAR EL PLAN DE RESTAURACIÓN

El *Comité* junto con otros actores relevantes, debe definir una meta de restauración para el área afectada. La propuesta debe incluir el plan de trabajo del proyecto de restauración y el mecanismo financiero para respaldarlo. Los esfuerzos de restauración deben seguir la *Guía de manejo y restauración de arrecifes para mejorar la protección costera: recomendaciones para la aplicación global basadas en lecciones aprendidas en México*, publicada por The Nature Conservancy en 2018. http://reefresilience.org/wp-content/uploads/Guidance-for-Reef-Management-and-Restoration_digita.pdf



SECCIÓN 3

GLOSARIO Y REFERENCIAS

GLOSARIO

El glosario presenta la definición de los términos usados en el Protocolo, los cuales se muestran en itálicas a lo largo del documento.

Bolsa de izaje: Es una bolsa elaborada con tela hermética y duradera, que tiene correas, y está diseñada para levantar objetos pesados bajo el agua y llevarlos a la superficie mediante la flotabilidad de la bolsa.
Brigada: Se refiere a un grupo de *brigadistas* que colaboran en el mar bajo un esquema de trabajo, con actividades específicas a realizar, y que están debidamente entrenados para llevar a cabo las acciones de evaluación y respuesta del Protocolo.
Brigadista: Buzo o esnorquelísta con entrenamiento especializado para evaluar y dar asistencia al arrecife después del impacto de un ciclón tropical.
Cascajo de coral muerto: Fragmentos de esqueletos de coral muerto que se acumulan en el fondo marino, muchas veces formando grandes campos de sustrato inestable que está en constante movimiento. Con el tiempo, el cascajo se puede consolidar por adhesión de alga crustosa coralina, esponjas y otros organismos, pero en entornos de baja energía de oleaje.
Centro de operaciones: Sitio desde donde se van a operar las acciones de Respuesta Primaria.
Ciclón tropical: Fenómeno tropical que forman una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central. Se caracteriza por producir vientos fuertes, oleaje elevado, una sobreelevación del mar y lluvia abundante. De acuerdo con la velocidad de sus vientos máximos, los ciclones tropicales se clasifican en: depresión tropical, tormenta tropical y huracán.
Colonia de coral: Numerosos pólipos genéticamente idénticos conectados entre sí por tejido en un cuerpo simple que se desplaza sobre un esqueleto de carbonato de calcio.
Comité: Grupo de trabajo integrado por personas de diferentes sectores, responsable de coordinar y supervisar todas las actividades definidas en el Protocolo.
Cresta arrecifal: La parte más somera del arrecife, comúnmente marcada por el rompimiento de olas.
Divemaster: Es una persona capacitada en buceo autónomo recreativo que tiene una certificación que le permite organizar, supervisar y liderar como guía, inmersiones recreativas de buzos, particularmente en una capacidad profesional.
Escombros de desastre: Desechos generados por el ciclón, tanto naturales (troncos de árboles, ramas, material orgánico etc.) como antropogénicos (material de construcción, electrodomésticos, basura, bolsas de plástico, contaminantes dañinos, etc.), que son acarreados a las áreas costeras y al mar, y se consideran una amenaza que puede dañar el arrecife.
Esnórquel: Práctica de buceo libre a ras de agua en la que el nadador va equipado con una máscara de buceo, un tubo para respirar llamado esnórquel y aletas.
Esnorquelísta: Persona que practica esnórquel (ver definición de esnórquel arriba).
Estipendio: Tarifa diaria establecida que se paga como honorario a los *brigadistas* y demás miembros que participan en las acciones de respuesta.
Fragmento: Porción viva de una colonia de coral que se ha separado físicamente del resto de la colonia, debido a la ruptura del esqueleto, ya sea de manera natural o inducida.
Jefe de Operaciones: Es el líder del *Equipo de Operaciones*, responsable de facilitar la operación logística durante las acciones de respuesta, coordinar la comunicación, y movilizar los materiales y equipo para la implementación del Protocolo.
Laguna arrecifal: Cuerpo de agua somero y elongado paralelo a la línea de costa y separado de mar abierto por una barrera natural (arrecife).
Líder de Brigada: Persona a cargo de la coordinación de las brigadas de respuesta.
Marro: Herramienta similar a un martillo que consiste en una gran cabeza metálica introducida de manera perpendicular en el extremo de un palo que se usa como mango. Suele usarse para romper piedras.
Pronóstico: Una predicción o estimación temporal de acciones y posibles efectos de un evento climático.
Simulacro: Ejercicio que se realiza imitando un evento real con el fin de practicar una actividad, fortalecer la coordinación y tomar las medidas necesarias de seguridad en caso de que ocurra realmente. Implica un escenario en un lugar específico con condiciones similares a las que se pueden enfrentar en la realidad.
Temporada de ciclones tropicales: Periodo del año con incidencia de ciclones tropicales dentro de una cuenca. La Tabla 2 en Etapa 2 (Alerta temprana) muestra las siete temporadas de ciclones tropicales que existen en el mundo.
Vivero: Lugar dentro del mar (en ocasiones en tierra) en donde se establecen diferentes tipos de estructuras hechas de distintos materiales, empleadas para la estabilización y crecimiento de *fragmentos* de coral, que son eventualmente trasplantados para restaurar el arrecife.
Zooxantela: Alga unicelular que vive como simbionte dentro del tejido del coral y produce, a través de la fotosíntesis, la mayor parte de la energía que los corales necesitan para sobrevivir (Erftemeijer et al. 2012).

REFERENCIAS

Alcolado Menéndez P.M., Caballero Aragón H. and Perera S. (2009). Tendencia del cambio en el cubrimiento vivo por corales pétreos en los arrecifes coralinos de Cuba. Serie Oceanológica. No. 5, 2009.

Alvarez-Filip L., Dulvy N.K., Gill J.A., Perry A.L., Watkinson A.R. and Côté I.M. (2011). Drivers of region-wide declines in architectural complexity on Caribbean reefs. *Coral Reefs* 30: 1051.

Aronson R. B. and Precht W. F. (1997). Stasis, biological disturbance, and community structure of a Holocene coral reef. Paleobiology, 23(03), 326-346.

Bak R.P.M. and Criens S. (1982). Survival after fragmentation of colonies of *Madracis mirabilis*, *Acropora palmata* and *A. cervicornis* (Scleractinia) and the subsequent impact of a coral disease. Proceeding of the 4th International Coral Reef Symposium 2: 221-227.

Beeden R., Maynard J., Puotinen M., Marshall P., Dryden J., Goldberg J., and Williams G. (2015). Impacts and Recovery from Severe Tropical Cyclone Yasi on the Great Barrier Reef. PLoS ONE 10(4): e0121272.

Boss S. K. and Liddell W. D. (1987). Back-reef and fore-reef analogs in the Pleistocene of North Jamaica: implications for facies recognition and sediment flux in fossil reefs. Palaios, 219-228.

Bothwell A. M. (1981). Fragmentation, a means of asexual reproduction and dispersal in the coral genus *Acropora* (Scleractinia: Astrocoeniida: Acroporidae) – a preliminary report. Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium, Manila, 2, 137-144.

Busutil L., Caballero H., Hidalgo G., Alcolado P. M. and Martínez B. (2011). Condición del bentos de los arrecifes coralinos de Santa Lucía (nordeste de Cuba) antes y después del paso del huracán Ike. Serie Oceanológica. No. 8, 2011.

Done T.J. (1992). Effects of tropical cyclone waves on ecological and geomorphological structures on the Great Barrier Reef. Cont Shelf Res. 12, 859.

Erftemeijer P.L., Riegl B., Hoeksema B.W. and Todd P.A. (2012). Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. Marine pollution bulletin, 64(9), 1737-1765.

English S., Wilkinson C. and Baker V. (1994). Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science, Townville, 34-49.

Fabricius K.E., De'ath G., Puotinen M.L., Done T., Cooper T.F. and Burgess S.C. (2008). Disturbance gradients on inshore and offshore *coral reefs* caused by a severe tropical cyclone. Limnology Oceanography. 2008; 53, 690–704.

Falkowski P.G., Jokiel P.L. and Kinzie R.A. (1990). Irradiance and corals. In: Dubinsky, Z. (Ed.), Ecosystems of the World 25: *Coral Reefs*. Elsevier, Amsterdam, pp. 89–107.

Gardner T. A., Côte I. M., Gill J. A., Grant A. and Watkinson A. R. (2005). Hurricanes and Caribbean Reefs: Impacts, recovery patterns, and role in long term decline. Ecol., 86(1): 174-184.

Gulko D., Goddard K., Ramírez-Romero P., Brathwaite A. and Barnard N. (2008). Coral Reef CSI Toolkit: A Guide for Coral Reef Managers & Investigators. International Coral Reef Action Network (ICRAN). Cambridge, UK. 288.

Harmelin-Vivien M.L. (1994). The effects of storms and cyclones on *coral reefs*: a review. J. Coastal Res Spec Issue 12:2011-231 http://proteccioncivil.qroo.gob.mx/portal/SIAT.pdf

Highsmith R.C. (1982). Reproduction by fragmentation in corals. Mar. Ecol. Prog. Ser. 7: 207-226.

Jordán E. (1979). Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 6 (1): 69-86.

Johnson M.E., Lustic C., Bartels E., Baums I.B., Gilliam D.S., Larson L., Lirman D., Miller M.W., Nedimyer K. and Schopmeyer S. (2011). Caribbean Acropora Restoration Guide: Best Practices for Propagation and Population Enhancement. The Nature Conservancy, Arlington, VA.

Jordán-Dahlgren E. and Rodríguez-Martínez R.E. (1998). Post-hurricane initial recovery of *Acropora palmata* in two reefs of the Yucatán Peninsula,

Mexico. Bulletin of Marine Science 63(1): 213-228.

Lighty R.G., Macintyre I.G. and Stuckenrath R. (1982). *Acropora palmata* reef framework: a reliable indicator of sea level in the western Atlantic for the past 10,000 years. *Coral reefs*, 1(2), 125-130.

Lirman D. (2003). A simulation model of the population dynamics of the branching coral *Acropora palmata* Effects of storm intensity and frequency. Ecological modelling, 161(3), 169-182.

NOAA. (2017). What is eutrophication? National Ocean Service website, https://oceanservice.noaa.gov/facts/eutrophication.html, 10/05/17.

Macintyre I.G. (1988). Modern *coral reefs* of western Atlantic: new geological perspective. AAPG Bulletin, 72(11), 1360-1369.

Manzello D.P., Brandt M., Smith T.B., Lirman D., Hendee J.C. and Nemeth R.S. (2007). Hurricanes benefit bleached corals. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(29), 12035-12039.

Peters E.C., Pilson M.E.Q. (1985). A comparative study of the effects of sedimentation on symbiotic and asymbiotic colonies of the coral Astrangia danae Milne Edwards and Hime 1849. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 92, 215–230.

Richmond R.H. (1993). *Coral reefs*: present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. American Zoologist 33, 524–553.

Riegl B. and Bloomer J.P. (1995). Tissue damage in hard and soft corals due to experimental exposure to sedimentation. In: Proceedings 1st European Regional Meeting ISKS, Vienna. Beitrage zur Palaeontologie von Oesterreich, vol. 20, pp. 51–63.

Riegl B. and Branch G.M. (1995). Effects of sediment on the energy budgets of four scleractinian (Bourne 1900) and five alcyonacean (Lamouroux 1816) corals. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 186, 259–275.

Rioja-Nieto R., Chiappa-Carrara X. and Sheppard C. (2012). Effects of hurricanes on the stability of reef-associated landscapes. Ciencias Marinas, vol. 38, núm. 1A, enero, 2012, pp. 47-55.

Rogers C.S. (1993). Hurricanes and *coral reefs*: the intermediate disturbance hypothesis revisited. *Coral Reefs*, 12(3-4), 127-137.

Rogers C.S., Garriso G., Grobber R., Hillis Z.M. and Franke M.A. (1994). *Coral reef* monitoring manual for the Caribbean and western Atlantic. Virgin Islands National Park. World Wildlife Fund. I:13-14, III 13-14.

Scoffin TP. (1993). The geological effects of hurricanes on *coral reefs* and the interpretation of storm deposits. *Coral Reefs*. 12:203–221.

Solomon S. (Ed.). (2007). Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4). Cambridge University Press.

Wilkinson C. and Souter D. (Eds.). (2008). Status of Caribbean *Coral Reefs* after Bleaching and Hurricanes in 2005. Townsville, Australia: Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre. 152 p.

World Meteorological Organization (WMO). (2017). Global Guide to *Tropical Cyclone* Forecasting. WMO-No.1194. 397 p.



ANEXOS

ANEXO 1



PRESUPUESTO

Se presenta una plantilla que detalla los rubros de los gastos que se deben contemplar para implementar todas las actividades necesarias para la implementación del Protocolo, durante la Evaluación Rápida y la Respuesta Primaria. El presupuesto se basa en un nivel de intervención por una *brigada*, donde el costo de cada actividad se determina por unidad de esfuerzo (embarcaciones, personas, equipo, material, metro lineal, etc.).

GASTOS						
	ETAPA /ACCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE ESFUERZO	# DÍAS	COSTO UNITARIO USD$	COSTO TOTAL USD$
EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	**Evaluación rápida del daño mediante arrastre**			2		
	Estipendio					
	Esnorquelístas (3), ayudantes (1), marinero (1) y capitán (1).					
	Materiales, herramientas y equipo (Ver lista en Anexo 3)					
	Renta					
	Embarcación (1)					
	Suministros					
	Gasolina para la embarcación					
	Evaluación aérea (dron)			2		
	Estipendio					
	Evaluadores (2)					
	Renta					
	Dron					
	Priorización de Sitios para Respuesta Inmediata			2		
	Honorarios del consultor					
	Reporte de priorización de sitios					
	Renta					
	Sala de conferencias y alimentación para los participantes					

GASTOS						
	ETAPA /ACCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE ESFUERZO	# DÍAS	COSTO UNITARIO USD$	COSTO TOTAL USD$
	Limpieza marina			4		
	Estipendio					
	Buzos (6), esnorquelístas (4), ayudantes (2), marinero (1) y capitán (1)					
	Materiales, herramientas y equipo (Ver lista en Anexo 3)					
	Renta					
	Embarcación, vehículo, tanques y equipo de buceo.					
	Suministros					
	Combustible para la embarcación y vehículo (depende de la distancia de los sitios)					
	Alimentos para los *brigadistas* (meriendas y almuerzos)					
	Primeros Auxilios del arrecife			20 - 45		
	Estipendio					
	Buzos (6), enorquelístas (4), ayudantes (2), marinero (1) y capitán (1).					
	Materiales, herramientas y equipo (Ver lista en Anexo 3)					
	Renta					
	Embarcación, vehículo, tanques y equipo de buceo.					
	Suministros					
	Combustible para la embarcación y vehículo (depende de la distancia de los sitios)					
	Alimentos para los *brigadistas* (meriendas y almuerzos).					
	Gastos operativos					
	Estipendio					
	Jefe de Operaciones (1) y asistentes (2 – 4).					
	Materiales, herramientas y equipo (Ver lista en Anexo 3)					
	Gastos de comunicación					
	Telefonía móvil, internet, etc.					
	Suministros					
	Combustible para vehículos (depende de la distancia de los sitios)					
	Otros gastos					

ANEXO 2

APLICACIONES MÓVILES PARA RASTREAR CICLONES TROPICALES

- **HURRICANE de la Cruz Roja Americana:**

Esta aplicación rastrea y pronostica los huracanes, y también explica cómo hacer y ejecutar un plan de emergencia y cómo usar las redes sociales, mensajes de texto o correos electrónicos para informar a otros que está seguro durante y después de una tormenta. Es una aplicación gratuita para iOS y Android.

Encuentre la aplicación en este enlace: https://www.redcross.org/get-help/how-to-prepare-for-emergencies/mobile-apps.html

- **THE WEATHER CHANNEL**

Esta aplicación permite un seguimiento a huracanes a través de mapas detallados de radar, pronósticos y alertas de clima severo que se combinan con informes en video sobre una tormenta específica, como ser huracanes, para una cobertura completa. Es una aplicación gratuita para teléfonos inteligentes.

Encuentre la aplicación en este enlace: https://weather.com/apps

- **STORM de Weather Underground**

Esta aplicación utiliza los "algoritmos de clima severo más avanzados para proporcionar un análisis detallado de una tormenta inminente", por lo que es potencialmente uno de los rastreadores de huracanes más precisos a su alcance. Esta aplicación permite profundizar en las condiciones actuales de un evento ciclónico, mediante pronósticos "hiperlocales" basados en los algoritmos de clima severo más avanzados, lo que proporciona un análisis detallado de una tormenta inminente. Esto lo convierte en uno de los rastreadores de huracanes con un alcance muy preciso.

Encuentre la aplicación en este enlace: https://www.wunderground.com/download

- **HURRICANE HD de Kitty Code**

Esta aplicación ofrece seguimiento y pronósticos con un alto nivel de detalle sobre tormentas, imágenes y mapas de radio y satélite, boletines de texto, modelos globales y fuentes de noticias. Esta aplicación es solo para iOS, y es preferible para usuarios de iPad debido a sus funciones. Esta aplicación tiene una versión gratuita y una de pago.

Encuentre la aplicación en este enlace: http://kittycode.com/2011/05/hurricane-hd-2-0/

- **HURRICANE TRACKER de EZ Apps**

Esta aplicación iOS utiliza cuatro categorías simples en el lanzamiento, lo que permite ver mapas detallados de niveles de amenaza y mapas de radar, actualizaciones del Centro Nacional de Huracanes, actualizaciones de pronósticos de video y alertas en tiempo real para huracanes, tormentas tropicales, depresiones tropicales e inversiones. Esta aplicación tiene más de 65 mapas, incluidos mapas e imágenes animadas. Es una aplicación iOS que tiene una versión gratuita y una pagada (sin anuncios).

Encuentre la aplicación en este enlace: https://itunes.apple.com/us/app/hurricane-tracker/id327193945?mt=8

- **NOAA SuperRes Radar US de Shuksan Software**

Esta aplicación cuenta con gráficos de alta resolución cuatro veces más detallados que otras aplicaciones que se basa en software de mapeo, presenta advertencias de texto completo del Servicio Meteorológico Nacional. Cuenta con múltiples estilos de mapas y diferentes opciones de visualización. Esta aplicación es de terceros y no es una plataforma oficial de la NOAA o del Servicio Meteorológico Nacional. Es una aplicación para iOS.

sEncuentre la aplicación en este enlace: https://itunes.apple.com/us/app/hurricane-tracker/id327193945?mt=8



ANEXO 3



MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO
La lista se basa en un nivel de intervención por una brigada.

	ETAPA/ACCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
EVALUACIÓN RÁPIDA DEL DAÑO	GPS	1	Unidad
	Dispositivo de arrastre (Manta tow)	1	Unidad
	Cámara subacuática	1	Unidad
	Cabo de seda de ¾ de pulgada	50	Metros
	Tablilla de acrílico para escritura	1	Unidad
RESPUESTA PRIMARIA: ACCIONES DE LIMPIEZA	Guantes de buceo delgados o de jardinería	12	Pares
	Sacos de yute o plástico	1	Docena
	Bolsas de izaje de distintas capacidades (80, 140 y 200 libras)	3	Unidades
	Cabo de seda de ¾ de pulgada	25	Metros
	Boyas de señalización	15	Unidades
	Boyas de buceo tipo salchicha	3	Unidades
	Lastre adicional	10-15	Libras
	Tanques de aire adicionales	3-5	Tanques
RESPUESTA PRIMARIA: PRIMEROS AUXILIOS DEL ARRECIFE	Guantes de buceo o de jardinería	12	Pares
	Cinchos plásticos de 35-40 cm (paquete de 100 unidades)	6	Paquetes
	Hilo alquitranado negro calibre grueso	1	Rollo
	Plastilina epóxica (paquete de 1 kg)	4	Paquetes
	Cemento (saco de 50 kilogramos)	3	Unidades
	Bolsas de plástico grueso (calibre 6000) para dosificar cemento	1	Docena
	Cepillos de alambre gruesos	6	Unidades
	Ganchos de bronce	6	Unidades
	Mosquetones de acero inoxidable	10	Unidades
	Cabo de seda de ¾ de pulgada	25	Metros
	Bolsas de izaje de distintas capacidades (80, 140 y 200 libras)	3	Unidades

MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO

	ETAPA/ACCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
RESPUESTA PRIMARIA: PRIMEROS AUXILIOS DEL ARRECIFE	Taladro neumático sumergible	1	Unidad
	Manguera de baja presión con adaptador para taladro neumático	1	Unidad
	Brocas para concreto de 24 pulgadas de largo y ⅝ de grosor.	2	Unidades
	Varillas de acero galvanizado de ⅝ de pulgada y 50 cm de largo.	12	Unidades
	Lastre adicional	10-15	Libras
	Tanques de aire adicionales	5-8	Tanques
	Boyas de señalización	15	Unidades
	Boyas de buceo tipo salchicha	3	Unidades
	Lycras (rash guards) contra el sol	12	Unidades
	Tijeras de titanio	2	Unidades
	Marro de 3 libras	2	Unidades
	Llave perica ajustable	1	Unidad
	Cincel	3	Unidades
	Espátula	3	Unidades
	Cubeta vacía de 5 galones	3-4	Unidades
	Ligas de hule gruesas (paquete de 100)	1	Unidad
	Aceite WD40 en líquido (galón)	1	Unidad
	Baterías extra	2	Docenas
	Memoria SD	1	Unidad
	Cámara subacuática	1	Unidad
	Cepillos grandes de alambre grueso	6	Unidades
	Cepillos pequeños de alambre	6	Unidades
	Brochas de pintura pequeñas	6	Unidades
	Estropajo o paste de fibra natural	12	Unidades
	Cinchos plásticos de 35-40 cm (paquetes de 100 unidades)	6	Paquetes





MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO

	ETAPA/ACCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
RESPUESTA SECUNDARIA: MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE SITOS ASISTIDOS	Pinzas	3	Unidades
	Cuchillo de buceo	3	Unidades
	Plastilina epóxica (paquete de 1 kg)	4	Unidades
	Reglas flexibles de plástico pequeñas	3	Unidades
	Tablilla de acrílico para escritura	3	Unidades
	Lápices de punta intercambiable	1	Docena
	Guantes de buceo delgados o de jardinería	12	Pares
	Cámara subacuática	1	Unidad
EQUIPO DE OPERACIONES	Botiquín básico de primeros auxilios	1	Unidad
	Baterías extras, nuevas o recargadas	6	Docenas
	Memoria SD extra	6	Unidades
	Radio marina VHF	1	Unidad
	Planta generadora de energía portátil	1	Unidad
	Teléfono celular	1	Unidad
	Contenedores para combustible y lubricantes de 5 galones	4	Unidades


© Jennifer Adler

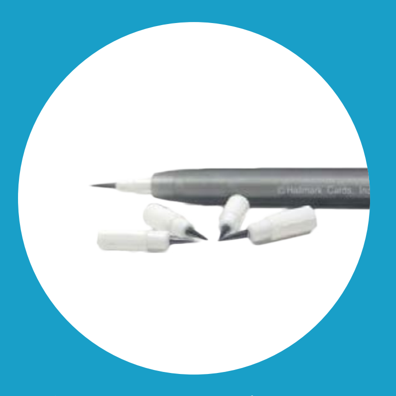

Gancho de bronce


Cabo marino de seda


Tabla de acrílico


Boyas de señalización


Boya de seguridad


Lápices con puntas de repuesto


Cinchos plásticos de 30 cm a 45 cm de largo


Mosquetón de acero inoxidable


Bolsas de izaje de 80, 140 y 200 libras


Guantes de buceo


Taladro neumático


Manguera de baja presión



Cemento

Plastilina epóxica

Boya de buceo tipo salchicha

Lycra

Tijeras de titanio

Llave perica ajustable

Cincel

Espátula

Hilo alquitranado

Marro

Saco de yute

Saco de plástico tejido.



ANEXO 4

FORMULARIO DE SOLICITUD PARA BRIGADISTAS

INFORMACIÓN DE LOS MIEMBROS DE LAS BRIGADAS

Nombre completo

Nombre de la organización donde presta sus servicios

Lugar de residencia | Número de teléfono

Capacidades de natación | Si | No

Manejo de técnicas de *Esnórquel* | Si | No

Certificación de buceo | Si | No

Agencia de buceo que certifica:

Nivel de certificación de buceo:

Numero de certificación de buceo:

Fecha de certificación más reciente:

Número de buceos en toda su carrera:

Licencia para conducir vehículos: | Si | No

Licencia para navegar embarcaciones: | Si | No

Seguro de buceo: | Si | No | Compañía:

No. de póliza:

Seguro contra accidentes: | Si | No | Compañía:

No. de póliza:

Seguro de vida: | Si | No

Tipo y número de seguridad social:

Tipo Sanguíneo: | Vacuna contra el tétano: | Si | No

Nombre y teléfono del contacto de emergencia:

ANEXO 5

CRITERIOS PARA ESCOGER UN SITIO PARA VIVERO DE CORAL (JOHNSON ET AL. 2011):

- **Presencia de poblaciones silvestres:**

Los hábitats o áreas de arrecifes que albergan poblaciones saludables de *Acropora* probablemente proporcionen condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento de corales en viveros cercanos.

- **Profundidad adecuada:**

Los viveros de *Acropora* exitosos se han establecido en profundidades de 2-10 metros que es donde tradicionalmente habita esta especie. Los lugares más profundos pueden proteger contra el daño causado por las tormentas y los impactos de la navegación, pero pueden resultar en un crecimiento reducido.

- **Movimiento de agua:**

Las ubicaciones de *vivero* ideales son aquellas que proporcionan un movimiento de agua de moderado a bajo sin causar daño físico excesivo a las estructuras ni a los corales. Tome en cuenta los cambios en los patrones climáticos estacionales que pueden afectar dramáticamente las condiciones del sitio en diferentes épocas del año.

- **Tipo de fondo:**

El tipo de fondo adecuado va a depender del tipo de *vivero* que se quiera instalar. Los viveros fijos se pueden desplegar en la mayoría de los tipos de fondo (por ejemplo, arena, cascajo, o en sustrato duro) pero pueden requerir diferentes métodos de anclaje (por ejemplo, barras de refuerzo, cemento). Los viveros flotantes se despliegan típicamente en sustratos arenosos, pero también pueden ser desplegados en otro tipo fondo. Es preferible evitar sitios con cascajo y arena que esté en constante movimiento ya que son potencial de daño a los corales.

- **Tamaño del área:**

El área elegida para el despliegue del *vivero* debe permitir un espacio adecuado para expandir y acomodar colonias adicionales a lo largo del tiempo.

- **Hábitats adyacentes:**

Se deben considerar las condiciones locales al evaluar una proximidad apropiada al arrecife. Las áreas adyacentes a arrecifes saludables con estructuras tróficas adecuadas pueden proporcionar tanto una fuente de herbívoros, como una fuente de depredadores de coral. El estado de las poblaciones de coral en los arrecifes adyacentes se puede utilizar como indicador para las condiciones de crecimiento del *vivero*.

- **Presencia de competidores:**

Las especies que compiten con el coral como algas y esponjas pueden colonizar rápidamente la estructura del *vivero* y sobrecrecer sobre los corales, incluso den áreas lejanas a los hábitats naturales del arrecife. En sitios donde estos organismos son frecuentes, se requiere una limpieza periódica para minimizar el daño. En áreas donde las poblaciones de gusanos y caracoles son una fuente de mortalidad para los corales de viveros, es necesario remover estos depredadores.

- **Presencia de impactos humanos:**

Los viveros deben ser desplegados en áreas con mínima presencia de actividades humanas a fin de minimizar el daño plataforma los corales y a la estructura del *vivero*. Las zonas donde las actividades humanas son limitadas, como las zonas núcleo, son lugares ideales para los viveros. Las Áreas Marinas Protegidas (AMP) pueden ser lugares ideales para los viveros, ya que hay menor impacto humano y además tienen una estructura trófica mejorada con abundancia de peces herbívoros y erizos que pueden mantener las algas controladas y depredadores controlados.

- **Accesibilidad:**

Es fundamental considerar la facilidad de acceso al *vivero*, especialmente cuando se requiere un esfuerzo de mantenimiento frecuente e intenso. Se pueden minimizar costos de combustible renta de embarcación y tanques de buceo, instalando los viveros en áreas poco profundas cercanas a la base de operaciones.

- **Número de viveros:**

Existe un equilibrio logístico entre el número de viveros que se pueden establecer y la atención y mantenimiento que se pueden brindar a cada sitio. Tener varios viveros en diferentes ambientes minimiza la probabilidad de que una perturbación dada, como un brote de enfermedad o una tormenta, destruya todo el *vivero*. Se debe encontrar un equilibrio logístico entre el número de estructuras que se pueden establecer en el *vivero*, y la atención y mantenimiento que se les pueda brindar. Tener varios viveros en ambientes distintos puede minimizar la probabilidad de que una perturbación dada, como ser, un brote de enfermedad, un ciclón tropical, etc., destruya todo el *vivero*.

- **Permisos:**

Es fundamental contar con los permisos necesarios antes de iniciar un *vivero* de coral. Para esto, se debe establecer una colaboración con los manejadores del parque marino a fin de seleccionar los sitios que sean apropiados para la instalación del *vivero*.



ANEXO 6

REPORTE DE EVALUACIÓN ANUAL

SE PRESENTA UNA LISTA DE LAS CONSIDERACIONES QUE SE DEBEN INCLUIR EN EL REPORTE DE EVALUACIÓN ANUAL QUE SERÁ REALIZADO POR EL LÍDER DE BRIGADAS.

a. Número de brigadas desplegadas en campo.

b. Número de *brigadistas*.

c. Nombre del ciclón tropical y categoría.

d. Número de horas / días trabajados.

e. Esfuerzo de buceo (número de inmersiones por operación).

f. Número y nombre de las embarcaciones participantes.

g. Número de vehículos participantes.

h. Cantidad de combustible usado en embarcaciones y vehículos.

i. Mencionar los artículos de la caja de herramienta que se perdieron o dañaron.

j. Lista de aliados que apoyaron durante las actividades (especificar el tipo de apoyo: equipo, materiales, personal).

k. Gastos reembolsados, si es el caso.

l. Resultados en unidades cuantitativas (número de colonias reposicionadas, número de bolsas o kilogramos de *escombros de desastre* recolectados, número de *fragmentos* rescatados y estabilizados en viveros, etc.).

m. Incidentes o eventos imprevistos durante las actividades de respuesta.

n. Retroalimentación o sugerencias para el Protocolo.

o. Comentarios adicionales.



CONSERVANDO LAS TIERRAS Y AGUAS DE LAS QUE DEPENDE LA VIDA.

© 2019 The Nature Conservancy.
Impreso en Ciudad de México en papel sustentable Forest Stewardship Council®.

www.tncmx.org
www.nature.org
www.coastalresilience.org













KFW